

جامعة حلوان
كلية الفنون التطبيقية
قسم الخزف

التحكم فى معالجة الطلاءات الزجاجية للحصول على ملامس لمنتجات الخزف الفنى

Controlling of Glaze's treatment to produce Textures on Art Ware products

بحث مقدم للحصول على درجة الماجستير

الدارسة
لبنى محمد أحمد الشوره

هيئة الإشراف

أ . د / عمر محمد عبد العزيز
أستاذ بقسم الخزف

أ . م . د / سهير صلاح الشامى
أستاذ مساعد بقسم الخزف

2002م

جامعة حلوان

كلية الفنون التطبيقية

قسم الدراسات العليا

قرار لجنة المناقشة والحكم

في البحث المقدم من الدارسة / لبنى محمد أحمد الشورة

للحصول على درجة الماجستير في الفنون التطبيقية

في تمام الساعة الحادية عشرة من صباح يوم الخميس الموافق ٢٠٠٢/١٢/١٩م إجتمعت فى مبنى الكلية اللجنة المعتمدة من.أ.د. نائب رئيس الجامعة لشئون الدراسات العليا والبحوث بتاريخ ٢٠٠٢/٥/٢٨م والمشكلة من السادة :

أ.د./جمال الدين الحنفى عضواً من الداخل ومقرراً

أستاذ متفرغ بقسم الخزف .

أ.د./عمر عبد العزيز مشرفاً

أستاذ بقسم الخزف .

أ.م.د./سهير صلاح الشامى مشرفاً

أستاذ مساعد بقسم الخزف .

أ.د./دريه محمد إبراهيم عضواً من الخارج

أستاذ متفرغ بالمركز القومي للبحوث .

وناقشت اللجنة علناً البحث المقدم من الدارسة والمعتمد تسجيله من السيد الأستاذ الدكتور / نائب رئيس الجامعة لشئون الدراسات العليا والبحوث بتاريخ ١٩٩٩/٤/٨م وعنوانه :

"التحكم فى معالجة الطلاءات الزجاجية للحصول على ملامس لمنتجات الخزف الفنى"

وبعد مناقشة الدارسة علناً في موضوع البحث ....

وبعد إطلاع على نتيجة الدراسات التطبيقية ....

وبعد المداولة ....

قررت اللجنة بإجماع الآراء التوصية بمنح الدارسة/ لبنى محمد أحمد الشورى درجة الماجستير فى الفنون التطبيقية تخصص الخزف .

أعضاء لجنة المناقشة والحكم

أ.د./جمال الدين الحنفى عضواً من الداخل ومقرراً

أ.د./عمر عبد العزيز مشرفاً

أ.م.د./سهير صلاح الشامى مشرفاً

أ.د./دريه محمد إبراهيم عضواً من الخارج

أستاذ متفرغ بالمركز القومي للبحوث .

"شكر وتقدير"

أحمد الله الفتاح العليم الذى فتح لى طريق العلم والمعرفة وهدانى إلى إنجاز البحث بهذه الكيفية.

وأتقــدم بخــالص الشكر والتقدير لهيئة الإشراف الأستاذ الدكتور الفاضل/ عمر محمد عــبد العزيــز الأســتاذ بقســم الخزف لإشرافه على البحث وتوجيهى بإرشاداته التى ساعدتنى على إتمام البحث.

وأستاذتى الجليلة الفاضلة الدكتورة/ سهير صلاح الشامى الأستاذ المساعد بقسم الخزف لمــا كــان لهــا مــن دور كبير فى تقديم يد العون لى على المستوى العملى والإنسانى والمعــنوى، ومتابعتها العلمية المستمرة للبحث فى مراحله المختلفة وعدم إدخارها وسعاً فــى تقديــم الوقــت والمجهــود والفكر حتى يظهر البحث بصورة جيدة وتزويدها لى بالمــراجع العلمية اللازمة من مكتبتها الخاصة ومتابعتى وتوجيهى بكل إخلاص وتفانى خلال مراحل البحث.

وأتوجــه بجــزيل الشــكر للأســتاذ الدكتور/ جمال الدين الحنفى الأستاذ المتفرغ بقسم الخزف والأستاذة الدكتورة/ دريه محمد محمود إبراهيم الأستاذ المتفرغ بالمركز القومى للبحوث على قبولهم مناقشة البحث.

وأتقــدم بالشكر لكل العاملين بالشركة العامة للخزف والصينى الأستاذ الكيميائى/ فاضل محمــد فــريد رئــيس قطاع الجودة والبحوث ، وكل العاملين بمعمل الصحى بالشركة وبخاصة المهندس/ هشام كمال . لتقديمهم مساعدات كبيرة كان لها دور هام فى البحث.

وأتوجه بالشكر والعرفان إلى كل أفراد أسرتى والدتى وأخوتى وزوج أختى ، وبخاصة والدتــى التى لها كل التقدير والعرفان بالجميل على توجيه خطواتى المعرفية إلى مجال البحث والتى كانت لها عظيم الأثر فى إنهائه بالشكل اللائق.

وبعــد إتمام البحث بفضل من الله فإنى أهديه إلى هيئة الإشراف وإلى كل أفراد أسرتى وإلى روح والدى رحمه الله الذى اتخذه رمزاً لى فى الجد والمثابرة.

وبالله التوفيق

مقدمة :-

تعتــبر الطــلاءات الزجاجية عنصراً هاماً فى مجال الخزف وتبدو أهميتها بوضوح من حيث كونها المسئولة عن إعطاء القيمة الجمالية للمظهر الخارجى لجميع المنتجات الخزفية المجسمة والمسطحة منها بحيث تكون ذات تأثير لوني وملمسي متعدد.

والطــلاء الزجاجى فى صورتة الاساسية عبارة عن طبقة رقيقة من مواد كيميائية تتوافق بعد معالجــتها حرارياً مكونة شبكة زجاجية ذات خواص محدده تمكننا من الحصول على تأثيرات فنية برؤية الفنان تتحول الى قيم فنية راقية .

والطلاءات الزجاجية بما تعطيه من قيم بصرية وملمسية من خلال الشفافية"Transparency" " و الإعتام "Opacity" ، اللمعان "Brightness" والإنطفاء "Mattness" ، اللون "Colour" ، التجميع "Crawling" ، التصدع "Crazing" ،و التشقق "Crackling"

تعتــبر أحد الموضوعات التى تستحق الدراسة . بما يمكن أن نثرى به مجال الأسطح الخزفية بأشكال تعتمد على القيمة الفنية للملامس بأنواعها المختلفة .

ومــن أهم الملامس : التجميع Crawling ، التصدع "Crazing" ، التشقق Crackling ، البــثور"Blistering" ، الغلــيان "Boiling" ، ، الــثقوب الابــرية "Pin holing" ،الحفر " pitting" ،التقشير "Peeling" ، التشظي "Shivering" ، والتخريز "Bittiness" .

مشكلة البحث :

ــ كيف يتم عمل نوعيات من الخزف الفنى عن طريق معالجة الطلاء الزجاجى .

ــ كــيف يــتم معالجة الطلاء الزجاجى على شكل خزفى ثابت (الشكل المجسم) برؤى فنية مختلفة من خلال العوامل المحيطة به .

هدف البحث :

ــ دراسة تجريبية على بعض عيوب الطلاء الزجاجى وتقديمها بصورة جمالية .

ــ إيجاد نوعيات من الخزف الفنى عن طريق جماليات الملمس بأنواعه المختلفة

فروض البحث :

ــ يمكن عمل إتجاه فنى عن طريق عملية الإعداد والتحضير للجسم .

ــ يمكن عمل إتجاه فنى عن طريق عملية الإعداد والتحضير للطلاء .

ــ يمكن عمل إتجاه فنى عن طريق عملية الحريق للجسم .

ــ يمكن عمل إتجاه فنى عن طريق عملية الحريق للطلاء .

ـ يمكن عمل إتجاه فنى عن طريق اختلاف نوع الجسم .

ـ يمكن عمل إتجاه فنى باستخدام الطرق المختلفة لتطبيق الطلاء .

ـ يمكن عمل إتجاه فنى عن طريق أنواع الوقود المستخدم .

ـ يمكن عمل إتجاه فنى عن طريق نوع الفرن .

وتطبيق نظرية الثابت والمتغير لتلك العوامل .

حدود البحث :

ـ اسـتخدام طـلاءات زجاجـية يمكن التحكم فى اظهار تأثيراتها الفنية تتم تسويتها فى مدى حراري (١٠٥٠° م١٢٥٠° : م) .

ـ عمل تجارب خاصة بالدراسة لطلاءات زجاجية يمكن التحكم فى اظهار تأثيراتها الفنية.

ـ تعنى الدراسة بتناول العيوب التالية : التجميع ، التشقق ، البثور ،الغليان .

أهمية البحث :

ـ إيجاد مظهر جمالي للمنتج الخزفى ينبع من الملامس المختلفة للطلاءات الزجاجية .

ـ عـرض بعـض عـيوب الطلاءات الزجاجية المتعارف عليها من خلال دراسة تكنولوجية لفنون التطبيق .

منهجية البحث :

ـ الاتجاه المنهجى الذى سيتم إتباعة فى إجراء البحث هو المنهج التجريبى .

المحتويات

الباب الثاني

عيوب الطلاءات الزجاجية والعوامل المحيطة بها

الباب الرابع

الطريقة العملية للحصول على التأثيرات الفنية محل الدراسة

فهرس الأشكال

مقدمة تاريخية عن الأنواع المبكرة من الطلاءات الزجاجية

تاريخ الطلاءات

الطلاءات الرصاصية

طلاءات الرماد

الطلاءات الطينية

الطلاءات الفلدسبارية

طلاءات البخار

الأنواع المبكرة من الطلاءات:-

تاريخ الطلاءات:-

ليس معروفا كيف أو أين أو متى تم إكتشاف أن بعض المواد الأرضية عندما يتم تسخينها تنصهر لتكون زجاجاً ، ومن غير المعروف على وجه الدقة أيضاً كيف تنبه القدماء إلى أن مثل هذه المواد يمكن إستخدامها على سطح الطين وأنها بعد تسخينها تعطى سطحاً مزججاً معروفاً لدينا بإسم الطلاء الزجاجي.

وأول الأمثلة المعروفة عن السطوح المزججة هى الرءوس المصنوعة من الاسيتاتيت أو التلك فى قرية البداري في صعيد مصر ويرجع تاريخها إلى حوالي 5000 سنة ق.م . وهذه المنتجات المصنوعة من الكوارتز والاستياتيت مثل التمائم والجعارين والتماثيل الصغيرة كانت تصنع حتى عام 2000 ق.م حتى إستبدلت بخليط عرف بإسم الفاينس المصري .

وكان ذلك المخلوط يتكون من الرمل الناعم الأبيض ممزوجاً بالنطرون – وهو صورة موجودة في الطبيعة لملح كربونات الصوديوم – الذي يعمل كمساعد صهر قوي عند درجات الحرارة المنخفضة ، وهذا الخليط لايمكن أن يكون لدناً ولذلك كان يشكل في قوالب ويتم التسخين حتى تنصهر الكتلة كلها معاً (1) . شكل (1)

ومع مرور الزمن حدث تطور آخر فى العجينة المصرية إذ إستُخدم خليط من كربونات الصوديوم والطينة والرمل والنحاس كطبقة تطلى فوق سطح الإناء ثم تحرق فى درجة حرارة منخفضة جداً (2) . وهذا التطور الذى حدث فى الأزمنة القديمة فى مصر نتج عنه أول الطلاءات التى صنعت ووضعت وحرقت بطريقة قريبة الشبه بما يتم الآن. (3)

ونظراً لتوافر رواسب المواد القلوية فى الطبيعة فى الشرق الأدنى والأوسط فقد داوم الخزافون على إستخدام وتطوير الطلاءات القلوية .(4) وهذه الطلاءات عالية القلوية كانت تميل للتجزيع والتقشير والتسييل من على سطح المنتج وكان لها قابلية للذوبان فى أحماض الطعام وقد كان ذلك سبباً فى ظهور طلاءات الرصاص. (3)

1- Ref .12 - Pp .155 2- Ref .22 - Pp .144

3- Ref .26 - Pp .82 4- Ref 12 - Pp .156

الطلاءات الرصاصية :- "Lead Glazes"

تــم التغلــب علــى الكثير من مشكلات الطلاءات القلوية بإكتشاف الرصاص كمكون للطلاء وأغلب الظن أن ذلك قد حدث فى سوريا القديمة أو فى بابل (1) .

وأول تركيبة لطلاء رصاصى تم حل رموزها المكتوبة على لوحة مسمارية وجدت قريباً من تــل عمــر (Selucia) "سيلوسيا" على نهر دجلة فى بلاد ما بين النهرين هى زجاج 243.0، أكسيد رصاص 40.1 ، أكسيد نحاس 58.1، ملح صخرى 3.1، حجر جيرى 5.0.

وقــد كانــت الطلاءات الرصاصية أكثر قابلية للتشغيل وكان يتم تطبيقها فى طبقة أكثر سمكاً ولها مظهر أكثر لمعاناً من الطلاءات القلوية (2) . شكل (2)

وفــى الشــرق الأوســط كان سكان سوريا وبابل قد تعلموا عمل طلاءات رصاصية مختلفة الألوان وذلك بخلط أكاسيد معدنية مثل أكسيد النحاس ، أكسيد الحديد ، أكسيد المنجنيز .(1)

كمــا قــاموا بعمل طلاءات معتمة بإضافة الأنتيمون والقصدير كما فى الطوب الموجود فى الجــدران الزخرفــية والقصــور(2) وفــى الــبلاطات المعمارية والنحت البارز وتمثل هذه الطلاءات تطوراً كبيراً فى صناعة الطلاءات . شكل (3) ووجدت الطلاءات الرصاصية في الصــين، وبعض الطلاءات المبكرة فى تلك البلاد ، ويرجع تاريخها إلى 500 سنة ق.م.(1) شكل (4)

طلاءات الرماد:-"Ash glazes"

قد كان شائعاً فى الأزمنة المبكرة فى الصين الحريق عند درجات حرارة عالية تصل إلى 1200°م ربما كان ذلك قبل 500 ق.م. بينما كانت كل أوانى الشرق الأوسط تحرق عند 1050 °م تقريباً أو أقل وكان هذا التطــور فى الصــين عــن طــريق عمــل فــرن الغــرفة ذات التيار الهابط "Down-draft chamber kiln" والذى كان يحتفظ بدرجة الحرارة فى حريق الخشب بدلاً من تركها تخرج من المدخنه ، ونتيجة لإستخدام هذه الأفران تمكن الصينيون من إبتكار أنواع جديدة من الطلاءات كانت تنصهر عند درجات حرارة عالية. (1) وربما كان أول طلاء رماد قد حدث عرضاً بسبب (3) رماد الخشب الذى ينتج خلال الحريق في الفرن بواسطة تيار النار ويرسو على الأوانى ويكون طلاءاً على سطحها .

1- Ref .26 - Pp .82 2- Ref . 12 -Pp .156

3- Ref .22 .-Pp .145

وبعض الأوانى الصينية واليابانية القديمة كان بها طلاء فوق جانب واحد فقط ، أو فى أعلى الإناء ويمكن إرجاع ذلك إلى الرماد فى غرفة الحريق. (1) شكل (5)

ويختلف الرماد تبعاً للمادة الطبيعية المستخدمة كوقود سواءاً كانت الخشب أو قش الأرز أو مادة عضوية خضرية أخرى وعادة ما يحتوى الرماد على كمية كبيرة من السيليكا من30% : 70% ، ومن 10% : 15% ألومينا مع نسب بسيطة من مواد أخرى مثل أكسيد البوتاسيوم و أكسيد الكالسيوم و أكسيد المنجنيز. ومعظم الرماد سوف ينصهر إلى طلاء مظهره يشبه الماء عند حوالى 1285° م ويمكن الحصول على طلاء رماد أفضل من ناحية الجودة عن طريق خلط الرماد مع كميات صغيرة من الطين، الفلدسبار، الحجر الجيرى(2) .

<u>الطلاءات الطينية "Slip glazes"</u>

وجد الخزافون أن بعض الطينات مثل طينات الخزف الأرضى الحمراء تنصهر فى الفرن وتكون زجاجاً بنى اللون. ومثل هذه الطينات قابلة للإنصهار نسبياً ويرجع ذلك إلى وجود أكسيد الحديد وشوائب أخرى ضمن مكوناتها وقد أوجد ذلك نوعاً من الطلاءات يصنع كله أو معظمه من الطينة، وبعضاً من الطلاءات الصينية القديمة والجميلة هى من ذلك النوع "Slip glaze" (1) . وعند وضع كمية صغيرة من الطينة الجافة فى طبق محروق بسكويت والحريق عند درجة حرارة معينة فإذا إنصهرت كلياً يمكن استخدامها كطلاء بدون تعديل أو كطلاء سابق الصهر frit لتخفيض نقطة انصهار هذا الطلاء .

ويتم تطبيق الطلاء الطينى عندما تكون القطعة فى مرحلة جفاف الجلد Leathering حتى ينكمش الجسم والطلاء بالتساوى، وإذا تم التطبيق فى مرحلة لاحقة من جفاف الجسم يمكن أن يتشقق الطلاء عند الجفاف ويتجمع عند الحريق. (3)

<u>الطلاءات الفلدسبارية. "Feldspathic glazes"</u>

وهى طلاءات تتكون من الفلدسبار بمفرده أو يكون الفلدسبار أكبر مكوناتها ونظراً لأن هذه الطلاءات تتطلب درجة حرارة حريق مرتفعة حتى تنصهر فلذلك ظل إنتاجها قاصراً على الخزافيين الأسيويين قرابة 2000 سنة (1) .

1- Ref .26 Pp .83   2- Ref .22 Pp .145

3- Ref .22 Pp .146

وعند إستخدام الفلدسبار بمفرده كطلاء زجاجي يعطى طلاء بلون أبيض لبنى (حليبى) وبعضاً من الخزف المبكر كان يطلى بهذه الطريقة(1). شكل (6),(7)

وعندما ظهر التشقق كأحد عيوب الطلاء فى الطلاءات الفلدسبارية القديمة كان الخزافون الأوائل غافلين عن العلاقة بين تركيب الطلاء والتشقق، ثم أصبح هذا التشقق جزءاً من العملية الفنية عندما تفهم هولاء الخزافيين هذه الظاهرة وأكدوا تلك التشققات بحك الفحم أو أى مادة معدنية ملونة فيها ولقد شبه الخزاف الصينى المبكر الطلاءات الفلدسبارية المتشققة كالآتي:-

- كمخلب سرطانى "crab`s –claw" إذا كان خشناً.

- أو كبيض السمك "fish – roe" إذا كان ناعماً (2).

ومجموعة الأوانى الصينية القديمة التى يطلق عليها اسم أوانى (Ko) هى عبارة عن أوانى ذات طلاءات فلدسبارية سيلادونية متشققة وداكنة من عهد أسرة سونج"Sung" الصينية.(3) والتشقق فى الأساس ظاهرة صينية يرجع تاريخها إلى عهد أسرة سونج "Sung" وهناك حكايات متنوعة عن الطرق المستخدمة لانتاج هذا التشقق (4).

وفى احدى رسائل بيرداتتركول الصينى "Pere D`entrecalles" ما يلى:-

" يجب ملاحظة أنه عندما يضاف إلى البورسلين الطلاء المكون من الزلط الأبيض – وليس طلاء أخر – يتحول الإناء ليصبح نوعاً خاص يعرف باسم تسوى – كى Tsoui Ki (سوى كى = إناء متشقق) وهو طلاء متشقق كله فى كل اتجاه إلى عدد لانهائى من العروق، وإذا رأيته عن بعد يبدو وكأنه بورسلين مكسور وكل الكسرات التى به بقيت فى مكانها ويشبه أعمال الموزاييك ، واللون الناتج من هذا الطلاء هو لون أبيض يميل إلى لون الرماد بدرجة طفيفة.(5) وقد كان الخزافون الصينيون قادرين على التحكم فى حجم وطبيعة التشقق إلى درجة كبيرة .

<u>طلاءات البخار. "Vapor glazes"</u>

فى القرن الثانى عشر الميلادى تم إكتشاف طينات حرارية "Refractory clays" وأُنتج الخزف الحجرى "Stoneware" فى بلاد نهر الراين ، وبعدها بمائتى عام أى فى القرن الرابع عشر الميلادى تم إكتشاف أن ملح الطعام الذى يستخدم فى المنزل إذا تم قذفه(6)

1- Ref .26 Pp .83 2- Ref . 10 Pp .21 3- Ref . 13 Pp .43
4- Ref . 21 Pp .197 5- Ref . 21 Pp .198 6- Ref . 12 Pp .159

داخـــل الفـــرن عـــندما يكون عند أعلى درجة حرارة حريق يتطاير الصوديوم الذى يتحد مع السيليكا والألومينا الموجودة فى الجسم ليكون طبقة زجاجية فيلمية رقيقة وقوية بدون لون على ســـطح الإنـــاء ويـــتحرر الكلور فى الجو وقد تم إستخدام الطلاء الملحى فى بادىء الأمر فى هولندا والمانيا ثم تم إستخدامه بعد ذلك فى بريطانيا فى القرنين السابع عشر والثامن عشر.(1) ومعظـــم الخـــزف الحجرى الذى كان يصنع فى الولايات المتحدة الأمريكية كان مطلى بطلاء ملحـــى فـــوق زخـــارف من أزرق الكوبالت (2).وقد إنتقلت تقنية الطلاء الملحى إلى أمريكا بواسطة الخزافين المهاجرين وأصبح الأساس لطراز محلى من الأوانى الجميلة (1).

من خلال إستعرضنا لتاريخ الطلاءات نجد أن عملية إكتشاف الطلاء فى حد ذاتها قد حدثت على سبيل المصادفة. فالأساطير تحكى أن ناراً إشتعلت فى أعشاب البحر على رمال الشاطىء وجُد بعدها كتلاً من الزجاج بين الرماد. وأساطير أخرى تتحدث عن أحجار الطحين المصنوعة من المالاشيت التى عندما تم تسخينها فى وجود مادة قلوية إكتسبت سطحاً مزججاً. (3)

وتسلسل ظهور أنواع الطلاءات يوضح أن ظهور أى نوعية من الطلاءات الجديدة كانت تحدث عرضاً بسبب وجود مشكلات أو عيوب أو عدم ملائمة فى الطلاءات التى كانت تستخدم وكان ذلك يتم فى إطار المحاولة والخطأ . والتأثيرات الشيقة الجميلة فى الطلاءات الزجاجية لم يخترعها الإنسان وإنما تعثر فيها نتيجة لكثرة التجريب وحركة التطور الطبيعية للأشياء في محاولة للوصول إلى نتيجة محددة .

1- Ref. 12 Pp .159
2- Ref. 24 Pp .254
3- Ref. 12 Pp .155



شكل (1)

قدحان من الفاينس المصري يرجعان إلى 1300 سنة ق.م .



شكل (2)

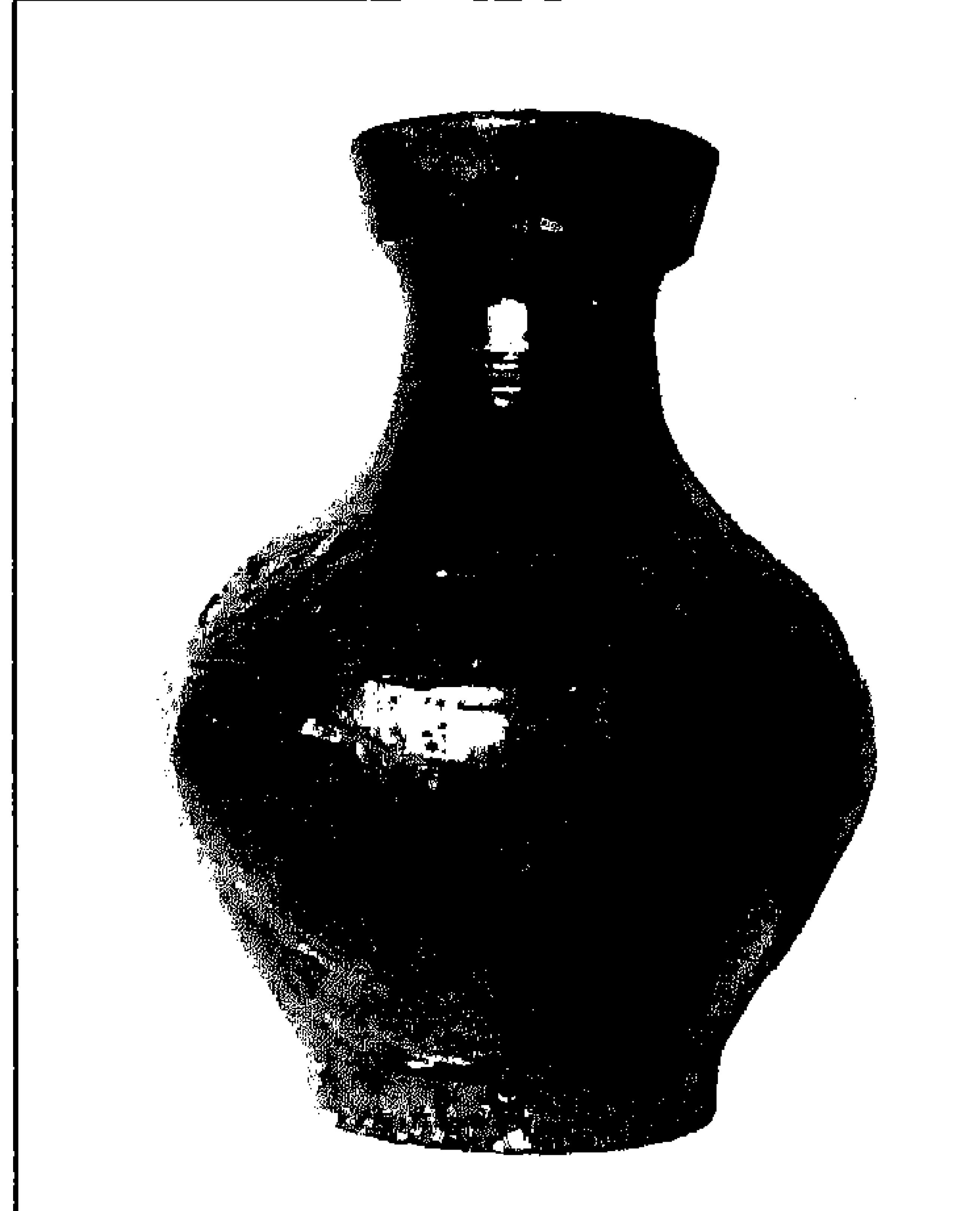
قارورة مطلية بطلاء زجاجى قلوى من مصر ، و قدح مطلى بطلاء زجاجى رصاصى من الأناضول كلاهما يرجع الى 100 سنة ق.م .

1- Ref .8 Pp .9 2- Ref .8 Pp .26
3- Ref .8 Pp .10 4- Ref .8 Pp .28



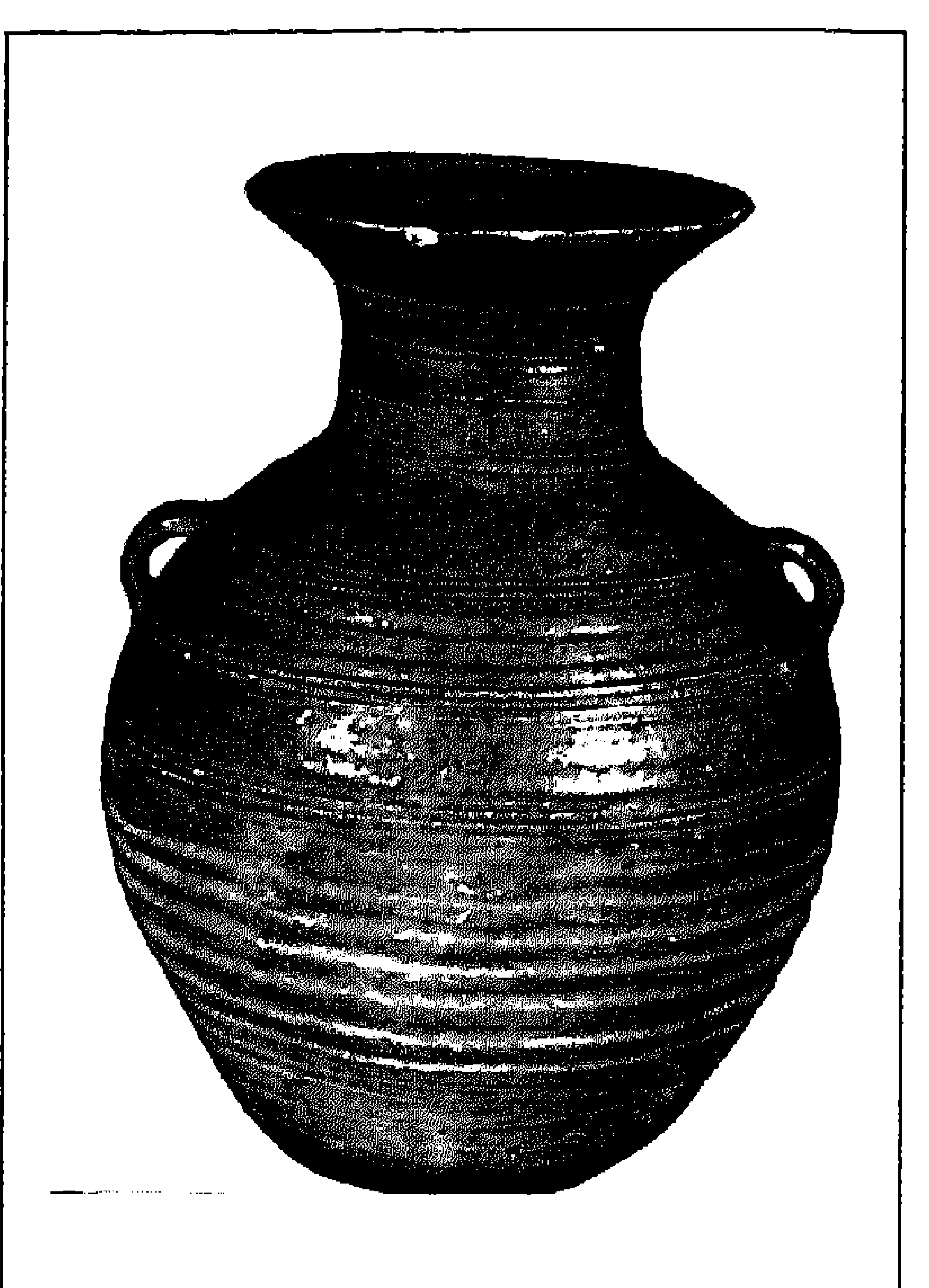
شكل (3)

طوب مغطي بطلاء زجاجي متعدد الألوان بقصر داريوس ، سوسة يرجع لحوالي 500 ق.م .



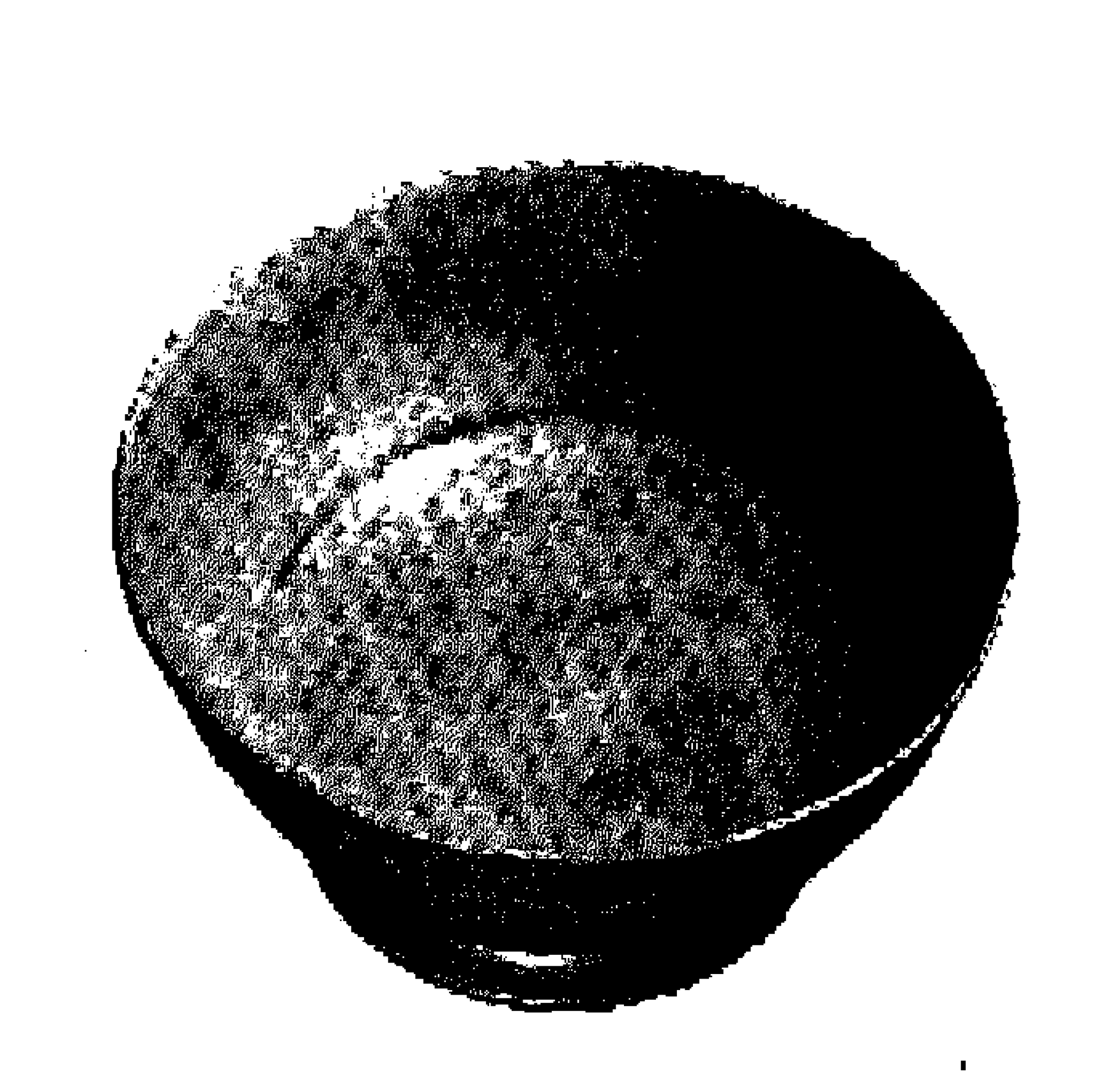
شكل (4)

قدح من الصين ذو طلاء زجاجي رصاصي يرجع إلى 100 سنة ق.م .



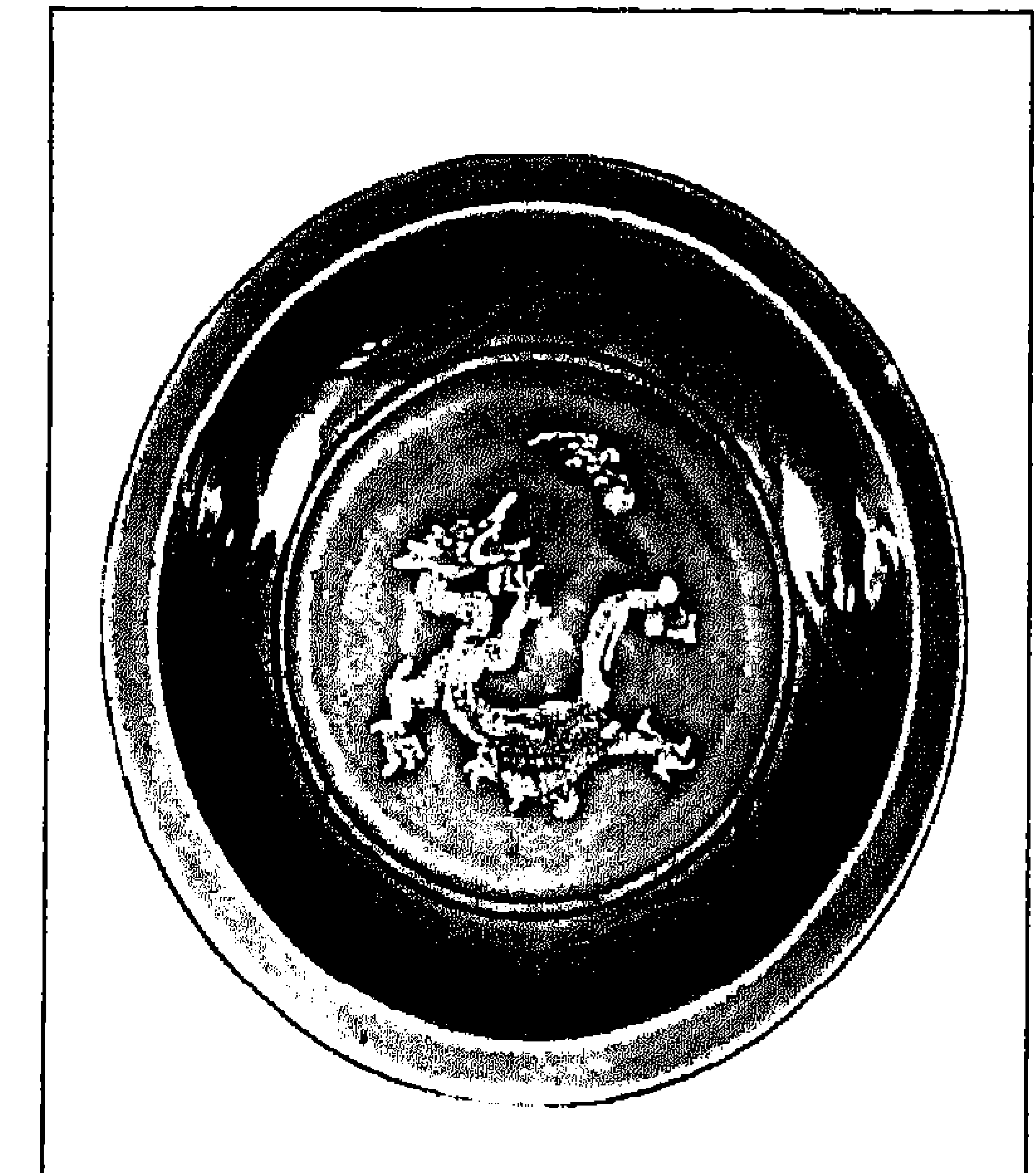
شكل (5)

آنية من الخزف الحجرى من الصين تم تشكيلها على العجلة. مطلية بطلاء يتكون من القلويات مع السيليكا المشتقة من رماد النباتات ، وربما يكون مصنوعاً من الفلدسبار المطحون طحناً ناعماً أو خليطاً من الاثنين معاً 300 م.



شكل (6)

قصعة من الخزف الحجرى الصينى من اوانى يوح ذات طلاء زجاجى اخضر يتكون من الرماد النباتى مع الفلدسبار 700 م



شكل (7)

قصعة من نوع سيلادون لانج – شوان مطلية بطلاء زجاجى يتكون من الرماد النباتى والفلدسبار 1100 م.

5- Ref.8 Pp.29 6- Ref.8 Pp.30
7- Ref.8 Pp.37

الباب الأول

* تصنيف الطلاءات الزجاجية
* مواد الفن والقيمة الجمالية للطلاءات الزجاجية

الفصل الأول

تصنيف الطلاءات الزجاجية

أولاً:- التصنيف تبعاً لدرجة الشفافية

ثانياً:- التصنيف تبعاً لدرجة اللمعان

ثالثاً:- التصنيف تبعاً لدرجة اللون

رابعاً:- التصنيف تبعاً لدرجة للملمس

تصنيف الطلاءات الزجاجية

يمكـــن تصـــنيف الطـــلاءات تبعاً لخواص الطلاء التي تؤثر على القيمة البصرية والملامسية للطلاء تأثيراً كبيراً منها درجة الشفافية ، اللمعان ، اللون ، الملس....، وتحت كل خاصية من تلك الخواص تتدرج نوعيات مختلفة من الطلاءات ، ويمكننا تصنيفها كما يلي :-

أولاً : ــ التصنيف تبعاً لدرجة الشفافية.

أ ــ الشفافية "Transparency" والإعتام"Opacity"

للطلاءات ملامس وألوان عظيمة التنوع والمواد الخام المستخدمة ومعالجات الحريق التى تحـــدد عدداً لا يحصى من الملامس والألوان يجب أن تكون مفهومة لدى الخزاف . ومن الممكـــن إعتبار الشفافية هى الحالة العادية للطلاء وذلك إذا تم حريق الطلاء حتى ينضج وحـــتى تصـــل كل الأكاسيد الداخلة فى تركيبه إلى حالة الإنصهار الكامل ، يكون الطلاء الناتج هو طلاء صافى وشفاف (1) .

وبـــريق الطـــلاءات ومـــن ثم عتامتها ، يمكن أن ينشأ من خليط من إنعكاسات معاملات الإنكســـار المخـــتلفة ، وهذه الظاهرة تحدث عادة في الطلاءات ذات المحتوى العالي من أكســـيد الـــبورون والتي يكون لها ملمس حليبى أبيض مائل للزرقة ، فى هذه الحالة فإن الطلاء يكون له خاصية تشتيت الضوء الذى يمر من خلاله ، وذلك يجعله معتماً.

والعديـــد من الطلاءات حتى التى لا تحتوى على مواد العتامة تكون فى حد ذاتها معتمة. فـــالطلاءات التي لم تصل إلى درجة النضج "under fired" – على سبيل المثال – تكون معـــتمة بســـبب الإنصـــهار غير الكامل لمكونات الطلاء . عندما ينتهي الحريق قبل أن ينصـــهر الطلاء إنصهاراً تاماً ، فإن بعض المواد غير المنصهرة تنتشر فيالطلاء ، وتلك الحبيـــبات للخامـــات غـــير المنصهرة يمكن أن تجعل الطلاء مثل الماء الذى أضيف إليه الغـــبار ليصـــبح خلـــيط معتم . والطلاءات التى تكون معتمة لأنها لم تنضج عادة تصبح صافية وشفافة إذا وصل الحريق إلى نقطة الإنصهار الكامل للطلاء .

الفقاعات المحبوسة فى الطلاء تؤدي إلى إعتامه ، وهذه الفقاعات المحبوسة تعطي تأثيراً غائماً أومعتماً . هذا التأثير يشبه الرغوة فى الماء ، والتى تسبب الإعتام بدون إضافة أى حبيبات صلبة حقيقية .(1)

1- Ref .26 Pp .123

وتنـتج الفقاعات عادة فى الطلاء بسبب خروج الغازات من المواد المتطايرة فى الطلاء ، ودرجة الحرارة المرتفعة عادة ما تكمل هذا التفاعل وتجعل الطلاء صافى ورائق وسبب آخر للإعتام هو نمو البللورات فى الطلاء عند تبريده من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة . هـذه الظاهـرة تعـرف بإعادة التبللور " Divitrification" . والمواد الصلبة المتبللرة المنتشـرة فى الطلاء أوفى سطح الطلاء تجعله معتماً ، هذه البللورات يمكن أن تنمو أثناء تبريد الطلاء بسبب وجود السيليكا المفرطة فى الطلاء ، أووجود الروتيل (1) والزنك فى الطـلاءات التى يكون لها محتوى منخفض من الألومينا أوالكميات الزائدة أوالمشبعة من بعض أكاسيد التلوين مثل الحديد أوالنحاس ، وعادة فإن وجود الألومينا فى الطلاءات يمنع تشكيل البللورات فى الطلاء.

وتنـتج العتامة إذا زادت بعض الأكاسيد فى الطلاء عن حدودها الطبيعية عند أى درجة حرارة معطـاه ، فأكسـيد الـزنك ، أكسـيد الكالسيوم ، أكسيد الباريوم ، أكسيد المنجنيز ، أوأكسيد الألومنيوم إذا وجدت بكميات أكبر من كمياتها الطبيعية ستعمل على إعتام الطلاء .

والطـلاءات التـي تكـون معـتمة نتـيجة للحـريق غير الكافى ، أوالتلألؤ أوالإنكسار Opalescence، أوإعادة التبللور ، أوعدم التوازن فى الأكاسيد يمكن أن تصبح شفافة إذا تم الحريق عند درجة حرارة كافية(2) .

أ-1 ـ الطلاء الشفاف:- "Transparent Glaze"

بعـض الطـلاءات تكون صافية وشفافة "Clear" ويمكن أن ننظر خلال طبقة الطلاء ونـرى الجسـم الطينى أو البطانة تحت الطلاء (1) وتكون الطلاءات شفافة فى حالة وجود زخرفة على الجسم أسفل الطلاء أو عندما يكون الجسم نفسه ملون ويكون الطلاء عـبارة عن طبقة رقيقة وشفافة تبرز جماليات اللون أو الزخرفة على الجسم. ويعتبر الخـزف الأحمر القديم فى إنجلترا الجديدة New England خير مثال لتلك النوعية فقد كـان يصـنع مـن جسم أحمر برتقالى وبإستخدام طلاء رصاصى شفاف يصبح بلون برتقالى براق (3).

أ-2 ـ الطلاء نصف المعتم :-"Semi-Opaque Glaze"

الطـلاءات نصـف المعتمة هى تلك الطلاءات التى تكشف جزئياً ما تحتها مثل الزجاج القاتم. وهى تعتبر من أكثر الطلاءات جمالاً فى الطلاءات .والطلاءات نصف المعتمة(2)

1- Ref .26 Pp .123 2- Ref .26 Pp .124 3- Ref .24 Pp .299

تكشف وتحجب جزئياً فى طريقة مشوقة للبطانات أو الطينات تحتها. ولكن يصعب التحكم فيها ، ولذلك فالبرغم من أنها شائعة الإستخدام مع خزافى الاستديو ، إلا أنها تستخدم قليلاً فى الصناعة (1).

أ-3 ـ الطلاء المعتم:- "Opaque Glaze"

الطـــلاءات المعـــتمة تحجـــب ما تحتها ، ويمكن أن ينشأ الإعتام فى الطلاءات إما من الطـــلاء نفســـه أو مـــن وجود مواد العتامة فى الطلاء(2). وإذا كان من المرغوب فيه تغطـــية لـــون الجســـم نظراً لأنه داكناً – على سبيل المثال – فتضاف مواد العتامه مثل أكســـيد القصـــدير إلـــى الطلاء الشفاف ليصبح معتماً كما فى خزف دلفت حيث إستخدم طلاء ومينا القصدير ليغطى الجسم الأسمر (تقليداً للبورسلين الصينى) (3). وقد صنعت طـــلاءات الماجولـــيكا وطـــلاءات ميـــنا القصدير بداية فى الشرق الأوسط وإستخدمها المغاربـــة فـــى أســـبانيا وإستُخدمت على الفاينس الأيطالى والفرنسى وكذلك على أوانى خـــزف دلفت الهولندية والإنجليزية، وتعتبر تماثيل ديلاروبيا التى صنعت فى إيطاليا فى عصر النهضة مثال جيد على ذلك (3).

<u>ب – 1– كيفية الحصول على طلاء ذو إعتام جيد .</u>

اذا كـــان الإعـــتام مـــرغوباً فى الطلاء فبدلاً من الحصول على نتائج غير أكيدة فالطريقة الأكـــثر تأكيداً لتحقيق الإعتام هى إضافة مواد العتامة ، ومن أكثر مواد العتامة إستخداماً أكســـيد القصدير وأكسيد الزيركونيوم . وكلاً من المادتين لها ذوبان منخفض فى الطلاء ، ولذلـــك لا تنصهر بسهولة وتظل فى الطلاء البارد كحبيبات صغيرة معلقة . تلك الحبيبات المعلقـــة ، غـــير المنصهرة تجعل الطلاء أبيض أو معتم . وعادة يُضاف أكسيد القصدير وأكسيد الزركونيوم إلى قاعدة الطلاء التى تكون فى الأساس صافية وشفافة لإعتامها .

ويعتـــبر أكسيد القصدير أفضل المواد التى تستخدم كمادة عتامة وقد تم إكتشاف إستخدامه فى الشرق الأوسط "Midl East" منذ أكثر من ألف سنة ، ممثلاً تقدماً عظيماً فى الخزف لأنـــه جعل من الممكن الحصول على طلاء أبيض . ويُضفى أكسيد القصدير ملمساً ناعماً وســـائغاً علـــى الطلاءات ويزيد جمال الألوان المشتقة من معظم أكاسيد التلوين . أوانى طلاء القصدير تتضمن الكثير من الأوانى فى بروسيا Prussia وأسبانيا ، جنوب أوروبا ، والأوانى الريفية لوسط أوروبا (1) .

1- Ref .26 Pp .124 2- Ref .26 Pp .123 3- Ref .24 Pp .299

الطلاء الأبيض المعتم الذى يمكن أن يُصنع بإضافة القصدير إلى طلاءات الرصاص قد قدم خلفية مثالية لزخرفة الماجوليكا"Majolica" حوالى 5% من أكسيد القصدير عند إضافتها لمعظم الطلاءات تجعلها معتمة (1). والإضافات الصغيرة من القصدير 1% إلى 3% يمكن أن تجعل الطلاء نصف معتم Semi-opaque وغائم.

أكسيد الزيركونيوم أيضاً يعطى إعتاماً للطلاءات ويمكن أن يُستخدم بدلاً من أكسيد القصدير. وعادة مايتم إضافته كسيليكات زيركونيوم ، فيها تكون بعض السيليكا متحدة مع أكسيد الزيركونيوم زركوباكس "Zircopax" أوأوباكس "Opax" وهو الإسم التجارى لمثل هذا الإتحاد . وللحصول على نفس درجة العتامة فى الطلاءات بإستخدام أكسيد الزيركونيوم ، فإن ذلك يستلزم نسب أعلى من الأكسيد بدلاً من أكسيد القصدير ، حوالى 7% من أكسيد الزيركونيوم سيجعل معظم الطلاءات معتمة ، وحوالى 12% منه سينتج طلاءات بيضاء .

ويمكن أن يتم اختيار سيليكات الزيركونيوم كمادة عتامة نظراً لأنها أرخص من أكسيد القصدير، ويمكن أن تعطى ملمساً أخشن للطلاء ولا تُفضل مع الألوان مثلما يُفضل أكسيد القصدير. وتكون مادة سيليكات الزيركونيوم مفيدة كمادة عتامة فى الطلاءات التى تحتوى على الكروم ، لأنه إذا تم استخدام أكسيد القصدير سينتج ألوان الوردى أوالبنى التي ربما يكون غير مرغوباً فيها . كما أن أكسيد التيتانيوم النقى له خواص مفيدة كمادة عتامة(2).

<u>ب -2- كيفية الحصول على طلاء نصف معتم .</u>

أما الطلاءات نصف المعتمة فيمكن الحصول عليها بإضافة مادة عتامة كافية فقط حتى تجعل الطلاء غائماً بدون أن تجعله معتم تماماً . ويمكن إعتبار سمك طبقة الطلاء ودرجة حرارة الحريق عوامل مساعدة فى الطلاءات نصف المعتمة . فإذا تم تطبيق الطلاء تطبيقاً سميكاً بدرجة قليلة يمكن أن يصبح الطلاء معتماً ، واذا تم تطبيقه تطبيقاً رقيقاً يمكن أن يصبح الطلاء شفافاً ، وإذا تم حريق الطلاء نصف المعتم فى درجة حرارة أعلى قليلاً من درجة حرارته الفعلية يمكن أن يُصبح الطلاء صافى ثم يُصبح شفاف ، واذا تم حريقه فى درجة حرارة أقل قليلاً من درجة حرارته يمكن أن يُصبح الطلاء معتم جداً . ويمكن أن تنتج الطلاءات نصف المعتمة من أى من الاعتبارات التى تم ذكرها سابقاً كأسباب للإعتام(2) .

1- Ref .26 Pp .124　　2- Ref .26 Pp .125

جـ – عيوب في الطلاء لها صلة بالشفافية

جـ -1 – فقدان الشفافية (إعادة التبللور) "Divitrification"

هـو التبللور الذى يحدث أحياناً فى الطلاءات الشفافية Transparent مما يعطيها مظهراً لبنياً "Milky" ويلاحظ كثيراً عندما تكون طبقة الطلاء سميكة جداً. وكثيراً ما يتلون هذا المظهـر الذى يشبه اللبن السائل بلون وردى أو أزرق عندما يستخدم الطلاء فوق أجسام يكون لونها هو الأصفر البرتقالى Buff أو الأحمر.

وينشـأ هـذا المظهر من تكوين سيليكات الكالسيوم والزنك البللورية فى الطلاء أوتكوين بورات الكالسيوم ، ويحدث التبلور عندما يبرد الطلاء المنصهر فى 200 °م الأولى تقريباً بعد الوصول إلى درجة حرارة حريق الطلاء ، ولكن عندما تنخفض درجة حرارة الطلاء إلى حوالى 900 °م فى طلاءات الحريق العالية ، 750 °م فى طلاءات الخزف الأرضى فإن الطلاء عندما يجمد يمنع تكوين البللورات (1) .

والتـبللور الذي يحدث في الطلاء أثناء التبريد يكون بسبب السيليكا الداخلة في المكونات الأساسـية للطـلاء والتي تشكل بللورات دقيقة تشبه الخطوط على السطح ، وعند إضافة كمـية كبـيرة من أكسيد الزنك لمكونات الطلاء يؤدي ذلك إلى التنشيط من إعادة التبللور لتشـكيل مجموعـات متبللورة . والطلاء الزجاجي البللوري لايتكون ذاته من البللورات ولكن تنمو البللورات خلال التركيب الزجاجي للطلاء أثناء عمليات التبريد ، حينما تنفصل بللـورات الأكاسـيد الأساسية الداخلة في التركيب في صورة مركبات جديدة من الطلاء السائل المحيط بها ، وهذه العملية هي ما يسمى بإعادة التبللور .(2)

وتـتكون بـورات الكالسـيوم بالتفاعل بين الكالسيوم الموجود فى الجسم وأكسيد البورون الموجـود فى الطلاء، ومن ثم فإن الطلاءات ذات المحتوى المنخفض من أكسيد البورون سـوف تمـيل إلـى تكوين كمية أقل من بورات الكالسيوم . وطلاءات الخزف الأرضى الخالـية من الرصاص تتكون إلى حد كبير من البوراكس على هيئة مادة سابقة الصهر ، ولذلـك فهـى تحتوى على أكسيد البورون بكمية تفوق كثيراً ما تحتوية طلاءات الخزف الأرضـى ذات القابلـية المنخفضة للذوبان ، وهذا يعنى وجود احتمال أكبر لحدوث فقدان الشفافية فى تلك الطلاءات (1).

1- Ref. 15 Pp .82   2- Ref. 4 Pp .20

جـ -2- التغير فى العتامة "Change in Opacity"

تنـــتج العتامة فى الطلاءات نتيجة لوجود البللورات ، أوفقاعات هوائية ، أوجزئيات غير ذائـــبة أو أى طـــور زجـــاجى ذو معـــامل إنكسار مختلف ، وتأثير العتامة سببه إنعكاس وتشتيت الضوء . وأفضل الطلاءات المعتمة تنتج بإضافة أكسيد القصدير أو الزيركون.

ويســـتخدم ثانى أكسيد التيتانيوم على نطاق واسع ولكنه يعطى مسحة كريمي أو بني فاتح وإنطفـــاء للســـطح ، وكثـــيراً ما يستخدم أكسيد الزنك والدولوميت فى الطلاءات البيضاء المطفـــأة. ويعتبر أكسيد القصدير هو أفضل مواد العتامة ولكنه أغلاها . وعندما تستخدم مـــواد العتامة من الزركون ، الزنك ، المغنسيوم والتيتانيوم فإن درجة الإعتام تتوقف على وجود وقت كافى وسمك كافى من الطلاء حتى تنمو البللورات على الوجه الصحيح – كما فـــى حالـــة الطـــلاءات المطفأة . وأى تقليل فى الفترة الزمنية التى يبقى الطلاء مصهور أثـــناءها أو أى تقلـــيل فـــى سمك الطلاء سوف يمنع النمو البللوري ويقلل العتامة . وكل الأســـباب الـــتى تؤدى إلى تقليل العتامة فى الطلاءات تكون هى نفسها تقريباً مسئولة عن تقليل الإنطفاء فى الطلاءات أيضاً .(1)

ثانياً : ــ التصنيف تبعاً لدرجة اللمعان .

أ -1- اللمعان "Brilliance" والإنطفاء "Mattness"

أســـطح الطلاءات يمكن أن تكون ذات لمعان ومعامل إنكسار وبريق عالي أو منخفض ، فعـــندما يكون سطح الطلاء ينقصه اللمعان والإنعكاس فهو يسمى طلاء مطفى "Matt" . وغالـــباً ما تكون الطلاءات المطفأة جميلة ، وسطحها ذو مظهر لين بدون بريق عالى أو إنعكاسات مما يزيد جمال الشكل الخزفى.

وعندما يكون سطح الطلاء لامعاً براقاً يرجع ذلك لأن الطلاء عندما إنصهر إنتشر مستوياً فى سطح أفقى ليعطى سطحاً ناعماً ، هذه النعومة فى الطلاءات هى أحد المميزات العملية لها، إذ أن السطح الناعم يكون صحياً ، سهل التنظيف، ولا يأوي القاذورات والجراثيم فى الصدوع والحفر . إذا كان الطلاء لم ينصهر فى الحريق تماماً ، أوإذا كانت لزوجة الطلاء عند أعلى درجة حرارة للحريق مازالت عالية فإن سطح الطلاء يصبح خشناً قليلاً ومن ثم (2)

1- Ref .15 Pp .94 ، 2- Ref .26 Pp .125

يكون مطفى بعض الشيىء ، والطلاء غير الناضج يكون عادة مطفى ومعتم أيضاً ، ونمو الـــبللورات فى سطح الطلاء أيضاً يسبب الإنطفاء . ومعظم الطلاءات المطفية الجميلة قد تم إنتاجها بهذه الطريقة .

التـــبريد البطـــيء بشكل جيد يساعد على إنتاج الطلاء المطفأ ، وبخاصـة إذا كان الإنطفاء ناتجـــاً عـــن وجود بللورات فى الطلاء . مثل هذه الطلاءات تسمى بالطلاءات غير تامة الـــبللورة "Crypto-Crystalline" حتى يمكن تمييزها عن تلك الطلاءات ذات البللورات الكبيرة الواضحة .

إضافة الطينة إلى الطلاءات ستسبب الإنطفاء نظراً لأنها تجعل الطلاءات ذات مواصفات حـــرارية أكثر ومن ثم لاتنضج تماماً عند درجة حرارتها الطبيعية ، وعند إضافة الحجر الجيرى إلى الطلاء سينتج سطحاً مطفأ ، إضافة أكسيد الباريوم فى حدود2 مكافئ جزيئى ســيؤدى إلى الإنطفاء فى معظم الطلاءات . والطلاءات التى يتم إطفاؤها بإستخدام أكسيد الباريوم يكون لها مظهر ناعم وبارد وتكون ذات ملمس سائغ .

الطـــلاءات الرصاصية التى يتم إطفاؤها بإضافة أكسيد الباريوم هى طلاءات مفضلة لدى خزافى الاستديو ، ومن الممكن أن لايحدث إنطفاء فى الطلااءات ذات المحتوى العالى من أكسيد البورون عند إستخدام أكسيد الباريوم لإطفائها ، نظراً لأن أكسيد البورون يتصلب مع الباريوم منتجاً زجاجاً ليناً أو سائلاً "Fluid glass" .

إضافة أكسيد الكالسيوم يمكن أن تُنتج سطح طلاء باهت بدون أن يؤثر كثيراً على شفافيته وتكـــون إمكانـــية الخداع ضئيلة مع الطلاء المطفأ الذى يكون فى نفس الوقت شفاف بقدر كـــاف حتى يُظهر الجسم الطينى أو البطانة التحتية . مثل هذا التأثير يصعب إنجازه وهو أقرب إلى الطلاءات نصف المعتمة التى تُطبق تطبيقاً خفيفاً .

وتعتـــبر خاصـــيتا الإنطفاء والعتامة متلازمتان. إذ أن الطلاء المطفى لابد أن يكون بمعتم أيضـــاً، لأن خشـــونة الســـطح التى تسبب الإنطفاء لن تسمح بالشفافية . وبالرغم من أن الطـــلاءات المطفـــأة تكون جذابة جداً إلا أن لها بعض العيوب العملية ، يصعب تنظيفها وعند إستخدامها على أوانى المائدة يمكن أن تحدث صريراً مزعجاً وغير مرغوباً فيه عند إحتكاكها بالفضة ، ولهذا تفضل الطلاءات اللامعة الناعمة لأدوات المائدة (1).

1- Ref .26 Pp .125

أ -2- كيفية الحصول على إطفاء جيد لسطح الطلاءات .

يمكن الحصول على أفضل نتائج للطلاء المطفأ "matt glaze" عندما تتكون بللورات فى سطح الطلاء وعادة ما تكون هذه البللورات من سيليكات الزنك أو الكالسيوم أو المغنسيوم أو التيتانـــيوم (والتى تنتج من إضافة أكسيد الزنك ، أوالحجر الجيري ، أوالويلاستونيت ، أوالدولوميت ، أوأكسيد التيتانيوم إلى تركيبة الطلاء).

ويمكن أن تتكون البللورات فقط عندما تكون الظروف ملائمة وبخاصة عندما يكون سمك الطـــلاء كـــافى حـــتى يسمح بوجود فراغ لتتكون البللورات ، كما يجب أن يكون الطلاء مصهوراً بالقدر الكافى ولمدة كافية من الزمن للسماح لهذه البللورات أن تنمو . (1)

ب ـــ عيوب في الطلاء لها صلة باللمعان.

ب -1- التغير فى اللمعان "Change in Shine"

نقـــص اللمعـــان وظهور البقع المطفأه "mat spots" فى الطلاءات التى ينبغى أن تكون لامعـــة بعد حريقها يمكن أن ينتج بسبب إمتصاص الطلاء داخل الجسم أثناء الحريق ، أو تـــبخر بعـــض مكونات الطلاء ، أودرجة حرارة حريق الطلاء المنخفضة ، أو تبللر جزء من سطح الطلاء .

وإمتصـــاص الجســـم للطلاء يحدث أحياناً عندما يكون الجسم مسامى نتيجة إحتوائه على كمـــيات كبـــيرة من كربونات الكالسيوم "Whiting" أوالرخام "Marble" أوالدولوميت "Dolomite" (2) أونتيجة لأن الجسم البسكويت قد تم حريقه عند درجة حرارة منخفضة ممـــا يـــؤدي إلى إمتصاص مصهرات الطلاء داخل الجسم وإتحادها مع مكوناته بسهولة وتكون النتيجة هي نقص فعل المواد الصهارة فى الطلاء وبالتالى نقص اللمعان.

عـــند حريق الأوانى الطينية فى نفس الفرن مع أوانى مطلية بطلاء زجاجي ، فقد تمتص الأوانـــي غـــير المطلية بخار الطلاء مما يؤدى إلى أن يكون سطح الطلاء باهتاً ، كذلك دعامـــات الفـــرن أوأثاث الفرن الذي يكون مجاوراً تماماً للأوانى المطلية قد يمتص بخار الطـــلاء أيضـــاً .(3) وإذا كانت درجة حرارة حريق الطلاء منخفضة أكثر من اللازم لا تضمن الإنصهار الكامل للطلاء ، ولذلك فإن بعض المكونات تظل بدون إنصهار مما

1- Ref .15 Pp .92 2- Ref .27 Pp .427 3- Ref .15 Pp .93

يــؤدى إلـــى نفس الإنطفاء الناتج عن رقة طبقة الترجيج التى تعوق الوصول إلى النعومة المطلوبة للسطح النهائى للطلاء (1).

ب -2 – التغير في الإنطفاء "Change in Mattness"

عـــندما يكـــون الســـبب فى الإنطفاء هو تكوين البللورات فإن تقليل الوقت الذى يظل فيه الطـــلاء مصهوراً– نتيجة لتقليل زمن التثبيت "Soaking" ، أوالتبريد السريع بعد إنتهاء عملـــية الحريق ، أوإذا كان زمن الحريق بشكل عام أسرع – يؤدى إلى تقليل الإنطفاء . (2)

ويمكن أن ينتج إنطفاء أقل تحت نفس ظروف الحريق إذا ما تم التغيير فى الحجم الحبيبى للعامل الذى يساعد على الإنطفاء ، إذ أن الحبيبات الأكثر خشونة تتفاعل بدرجة أقل .

وهناك عدة أسباب تعمل على إختلاف درجة الإنطفاء منها :–

ـــ إختلاف زمن طحن الطلاء

ـــ زيـــادة محـــتوى الألومنيا فى الطلاء يؤدى إلى زيادة لزوجة المصهور مما يمنع نمو البللورات بشكل جيد .

ـــ التبريد السريع بعد إنتهاء عملية الحريق بسبب وجود حمولة خفيفة بالفرن .

ـــ التغيير فى جو الفرن يؤثر على تطور طبقة التفاعل بين الجسم والطلاء .

ـــ الإختزال ـــ أو زيادة الإختزال – يقلل الإنطفاء ، وإذا برزت طبقة التفاعل حتى تصل إلى السطح الخارجى للطلاء فربما يزيد الإنطفاء.

ـــ وجـــود تيارات هوائية فى الفرن يمكن أن تُحدث بقعاً لامعة على الآنية ، أويكون هناك لمعـــان بشكل عام على الآنية ككل . وعادة ما تكون التيارات الهوائية حول سدادة الباب وحـــول سدادة التهوية والأوانى التى تتأثر هى التي تكون بالقرب من هذه المساحات أما الأوانى التى فى وسط الفرن فلا تتأثر نسبياً (3).

1- Ref .27 Pp .427 2- Ref .15 Pp .92 3- Ref .15 Pp .93

ثالثاً : أ ـ التصنيف تبعاً للون.

يظهـــر اللون في الطلاءات الزجاجية نتيجة لإمتصاص وإنعكاس الضوء خلال طبقة الطلاء نفســـها ، ويتحكم في إنعكاس الضوء من سطح الطلاء نوعية الطلاء نفسه . فنجد أن طلاء مطفـــأ ملـــون ســـوف لا يبدو براقاً مثل طلاء شفاف يحتوى على نفس نسبة الملون فعندما يحـــتوى الطـــلاء علـــى جزيئات دقيقة معلقة تجعله معتم إلى حد ما فان بعضاً من الضوء الساقط عليه ينعكس بواسطة هذه الجزيئات ، ومن ثم فإن الإحساس باللون سوف يعتمد بقدر معين على سمك طبقة الطلاء وعلى عدد وحجم الجزيئات .وهذا الإنعكاس الداخلي هو الذي يضفي مزيداً من العمق والجمال على الطلاءات الزجاجية (1).

ومـــن الممكن إنتاج أي لون من ألوان الطبيعة تقريباً في الطلاءات الزجاجية ، ويطلق على هـــذه الألوان أسماء شتى منها الخوخي وأخضر القصعين أو المريمية (نبات) .وهي أسماء كمـــا نرى تؤكد هذه المشابهة وتثبتها . وألوان الطلاءات على إختلاف مراميها وأغراضها ثابتة إلى أقصى حد وباقية عبر الزمن، وقلما تتوافر لغيرها مثل هذة الخصائص (2).

ب ـ عيوب في الطلاء لها صلة باللون .

ب-1- الإختلاف في درجة اللون الواحد "Colour Variation"

هـــناك أســـباب عديدة تؤدي إلى إختلاف قيمة اللون في الطلاء فنجد أن سمك طبقة الطلاء أثـــناء التطبـــيق ، الحـــريق وجو الفرن ، إختلاف سمك الآنية ، إحتباس الغازات ، إحتواء الطـــلاء علـــى خامـــات لها أكثر من وظيفة ، تولد الدخان من الطلاء خلال الحريق ، عدم إنتظام اللون في الطلاءات الملونة ، طلاءات الزركون ، التناول ، إضافة مواد تعلق الطلاء ، كلها أسباب من شأنها أن تغير قيمة اللون الناتج من قطعة إلي قطعة أخرى ، ومن مساحة لون إلى أخري على نفس القطعة المطلية بطلاء واحد .

1 ـ سمك طبقة الطلاء أثناء التطبيق .

فـــي الطلاءات ذات الألوان الشفافة مثل الطلاءات العسلي التي تنتج بإضافة أكسيد الحديد إلى قاعدة شفافة عندما يكون هناك إختلاف في سمك طبقة الطلاء فإن التطبيق الأقل سمكاً يجعل لون الجسم يظهر بشكل واضح . أما في الطلاء ذات الألوان المعتمة إذا وجد إختلاف فـــي سمك التطبيق فإنها تعطى ألواناً أكثر توافقاً من تلك الطلاءات الشفافة . على الرغم من أن المساحات التي يتم التطبيق فيها أكثر سمكاً في الطلاءات المعتمة تسمح بنمو البللورات مما يسبب التغير اللوني . وطلاءات بورات الكالسيوم-على سبيل المثال-ربما تعطى بريقاً أبيض أو مائل إلى الزرقة ولا يحدث ذلك حينما يكون تطبيق الطلاء أقل سمكاً.(3)

1- Ref.24 Pp.260 2- Ref.7 Pp.259 3- Ref.15 Pp.68

2- الحريق وجو الفرن .

يمكـن أن يحدث إختلاف في مسامية الآنية البسكويت بسبب إختلاف درجة حرارة الحريق الـذي تتعرض له الآنية لقربها من مصدر الحررة من جهة ، وهذه المساحات عند التطبيق يلتصق بها كمية أقل من الطلاء ، مما يعطي تفاوتاً في اللون النهائي .

والحـريق السـريع لفرن ذو حمولة كثيفة يعطى ظلال لون مختلفة على الأسطح الخارجية مقارنة بالأسطح الداخلية (1).

أثناء الحريق المختزل لطلاء البورسلين إذا كان جو الفرن يحتوى على هواء ثانوي كاف ، فإن أكسدة مركبات الحديد تنتج ثالث أكسيد الحديد "Fe_2O_3 الذي يغير لون الأواني ويؤدى إلـى التغـير اللوني الأصفر . وجدير بالذكر أن طلاءات البورسلين إذا إنصهرت في جو مؤكسد فإن إختزال لاحق لن يكون قادراً على إزالة هذا التغير اللوني الناتج (2).

أما إذا إنخفضت كمية الهواء الموجودة في جو الفرن أثناء حريق الأكسدة ، يؤدى ذلك إلى إنخفـاض درجة اللون في الصبغات الوردية من الزيركون والحديد وفى صبغات الزيركون الأخرى أيضاً (3).

3 ـ إختلاف سمك الآنية .

عـندما تكون الآنية ذات سمك رقيق جداً ، أويوجد بها أجزاء سميكة وأجزاء أخرى رقيقة يؤدى ذلك إلى تشبع الأجزاء الرقيقة من الآنية بالماء أثناء التغطيس .

وعـندما يـتم طلاء الآنية المجوفة من الداخل قبل الخارج فإن ذلك يسمح بالتشبع بالماء إذا تُـرك الطـلاء داخل الآنية لمدة طويلة ، أو إذا كان منخفض الكثافة ، وفى هذه الحالة فإن الطلاء الخارجي يسيل أو يظل رطباً لفترة طويلة .(4)

4 ـإحتباس الغازات .

فقاقيع الغاز المحتبسة في الطلاء يمكن أن تغير اللون المرئي للطلاء بشكل مثير ، مثل هذه الفقاقـيع لا تكـون مدركة بالعين المجردة ولكن يمكن ملاحظتها بإستخدام عدسة مكبرة أو مجهر يدوي يعطى تكبير 30 مرة .

ومن الأسباب التي تؤدى إلى زيادة نمو الفقاعات في الطلاء :-

ـ التغير في تركيب أحد الخامات المكونة للطلاء .

ـ الحريق السريع ، أو الحريق غير الكافي .

ـ الإخـتلاف فـي درجـة حرارة حريق البسكويت – مما يسبب مزيداً من تفكك الخامة أثناء الحريق قرب درجة حرارة نضج الطلاء.

1- Ref.15 Pp.68 2- Ref.27 Pp.438 3- Ref.15 Pp.72 4- Ref.15 Pp.69

ـ المــواد التــي لا تــتفكك في الطلاء بسبب الحريق السريع ، أوالحريق غير الكافي ، أو الطحن غير الكافي لأحد الخامات الداخلة في تركيب الطلاء أوللطلاء نفسه يمكن أن تؤثر على اللون أيضاً .

5 ـ إحتواء الطلاء على خامات تقوم بأكثر من دور .

الطــلاءات التي يتم إعتامها بإستخدام ثاني أكسيد التيتانيوم سيظهر بها اللون الأصفر أوالذي يشــوبه صفار إذا كان يوجد بها كميات صغيرة من الحديد أو الكروم ، خاصة إذا تم حريق الطــلاء فــي درجة حرارة أعلى قليلاً من درجة حرارته الفعلية . ومثل هذا التغير اللوني يمكــن أن ينتج بسبب طبيعة أكسيد التيتانيوم نفسه ، أوبسبب وجود بخار معدن الكروم في الفــرن والذي يخرج من آنية قد تم زخرفتها بصبغة تعتمد على معدن الكروم . وأي زيادة فــي المحتوى الحديدي في خامات الطلاء الأخرى يمكن أن تسبب إصفرار غير متكافئ في طلاءات أكسيد التيتانيوم (1).

6 ـ تولد الدخان من الطلاء خلال الحريق ، مع أقل قدر من الألوان.

عــند الحريق في أفران الغاز أو الزيت أو الخشب فإن أي دخان يميل لأن يتبدد عن طريق طــرد نــتاجات الحــريق من الفرن إلى المدخنة . ويكون هناك تغيير في جو الفرن داخل الأفــران الكهربائــية لأن الفــرن لا يكون خالي تماماً من الهواء ، ولكن إذا كانت الحمولة كثــيفة وضيقة في وسط الفرن ، أوإذا تم الحريق بسرعة فإن ذلك يؤدى إلى حدوث تكثيف للدخــان ممــا يــؤدى إلى حدوث بعض المشاكل .(1) ، ففي أحد المصانع التي كانت تقوم بإنتاج وحدات لونها قرنفلي في فرن نفقي يتم الحريق فيه بالغاز ، وبعد إجراء عملية صيانة للفــرن ، ثم إستئناف عملية الحريق وجد أن كل الوحدات بعد الحريق طليت باللون الأبيض بدلاً من القرنفلي وتبين أن السبب يكمن في مجموعة الحراقات التي تغيرت أثناء الصيانة . وقــد كانت مجموعة الحراقات القديمة مصنوعة من معدن الكروم مجنيزيت الحراري بينما الــبديلة قــد تــم صــنعها من السيليمانيت ، وقد تم إستنتاج أن تدخين الكروم من مجموعة الحــراقات القديمــة هــو المسئول عن الطلاء ذو اللون القرنفلي الذي كان في الأساس هو الطلاء الأبيض القصديري(2) .

7 ـ عدم إنتظام اللون في الطلاءات الملونة .

يمكــن أن ينشــأ هــذا من حدوث حالة إنفصال في وقت تشكيل طبقة الطلاء في جسم غير مســامي"dense" ، وهنا يكون الإنفصال بسبب الترسيب"Sedimentation" ، بينما على الأجسام المسامية يكون السبب هو الإمتصاص .

1- Ref .15 Pp .70 2- Ref .15 Pp .72

فـــي الحالـــة الأخيرة الطلاء المحروق ربما يشكل طبقة ضاربة للبياض أو مطفية إذا كان يحتوى على طلاء سابق الصهر "Frit" غير شفاف أو مطفئ.(1)

8 ـ طلاءات الزيركون .

فـــي طـــلاءات الزيـــركون المعـــتمة الملونـــة يكون التمييز بين المساحات الملونة المعتمة والمضـــيئة واضـــح جداً ، حيث تكون الصبغات من النوع الذي يتفكك في الطلاء المنصهر وذلـــك بسبب التحلل غير المنتظم للزركون والذي يمكن أن يعدل بزيادة محتوى الزيركون (لأن الزيـــركون الزائد نسبياً يظل غير منحل) ولكن يجب أن تزيد الصبغات المضافة أيضاً حـــتى تعادل مواد العتامة (2). ويجب التحكم الدقيق في معدل التبريد بعد حريق التوهج مع طـــلاءات الزيركون المعتمة الملونة حتى نضمن أن يظل حجم الحبيبات ثابت ومرحلة تبلّر الزيركون ثابتة أيضاً. (3)

9 ـ التناول .

أثـــناء التـــناول أي بصمات للأصابع أو مساحات يتم مسحها من الطلاء يمكن أن يتم لمسها بالطلاء على طرف الإصبع أوبإستخدام فرشاة ناعمة ولكن – وبخاصة عندما يكون الطلاء ملـــون بدرجة كبيرة – إذا لم يراعى أن تلك المساحة التي تم لمسها قد أصبحت ناعمة ولها نفس مستوى الطلاء المحيط ، قد يحدث إختلاف في سمك طبقة الطلاء بشكل عام.(3)

10 ـ إضافة مواد تعلق الطلاء .

عـــادة مـــا يضـــاف حـــامض لمعلق الطلاء كعامل تثبيت "set-up agent"، وعند إضافة الحـــامض لطـــلاء يحتوى على أكاسيد تلوين معدنية فإن جزءاً من الأكسيد المعدني يتفكك ويشـــكل أملاحاً مع الحمض ذائبة في الماء مما يؤثر على لون الطلاء كما أن هذه الأملاح يمكن أن تخرج وتشوه الزخرفة على الطلاء On-glaze .(1)

ب ـ2ـ التغير في اللون"Change in Color" :-

هـــناك أســـباباً عديدة ومتنوعة تؤدى إلى تغير لون الطلاء المحروق من لون إلى لون آخر منها :-

1 ـ تركيب الطلاء:-

يعتـــبر تركيـــب الطـــلاء هو العامل البارز فيما يتعلق بتغير اللون بعد الحريق ، ففي عدة حـــالات نجـــد أن بعض مكونات تركيب الطلاء يمكن أن تغير لون الصبغات ، على سبيل المـــثال أكســـيد الـــزنك يغـــير بالكامل لون الطلاءات الملونة بأكسيد الكروم ، بينما أكسيد البورون "Boric oxide" له تأثير غير مفضل علي الصبغات الوردية (1).

1- Ref .27 Pp .440 2- Ref .15 Pp .69 3- Ref .15 Pp .70

تغير اللون يمكن أن يكون متوقعاً أيضا عندما تكون بعض الصبغات إما أن تتفكك أو تدخل في تفاعلات أثناء الحريق ، فإن بقعاً بيضاء في الطلاءات الوردية –على سبيل المثال– ستنتج بواسطة هذا التفكك في الصبغات الوردية .(1)

الألوان الخضراء عندما تتحول إلى البني يمكن أن يكون ذلك بسبب خليط من أكسيد الكروم أو صبغة ملونة تحتوى على الكروم مع أكسيد الزنك في الطلاء ، واللون الوردي الخفيف يمكن أن ينتج من خليط من أكسيد الكروم مع أكسيد القصدير.

إستخدام ألوان الأسود أوالأخضر التي تحتوى على الكروم للزخرفة فوق أو تحت الطلاءات المعتمة بالقصدير يمكن أن يؤدي إلى تشكيل هالة وردية حول المساحات المزخرفة(2)

ونجد أن حالات كثيرة من تغير اللون ترجع لإستخدام طلاء يحتوى على أكسيد الكروم ، إذ أن مركبات معدن الكروم تتبخر في الفرن وتؤثر على الطلاءات الداخلة في تركيبها أو المجاورة لها . فنجد أن الطلاءات الغنية بالرصاص تتحول إلى اللون الأخضر ، وتلك الغنية بالكالسيوم تتحول إلى اللون الوردي ، أما الطلاءات الغنية بالزنك فإنها تتحول إلى البني المخضر . ويُنصح عادة بعدم إستخدام الطلاءات الملونة بأكسيد الكروم في خليط مع طلاءات ملونة أخرى وأن يتم حريقها منفصلة .(1)

الطلاءات الحمراء التي تنتج من صبغات السيلينيوم عادة تصبح سوداء اللون نتيجة لتشكيل سيلينيد الرصاص الأسود "Lead Selenide" خلال إتحاد بخار الرصاص في الفرن مع السيلينيوم في الطلاء .(2)

2 – الحريق غير الصحيح وجو الفرن.

يظهر هذا التغير في اللون في بعض الطلاءات نتيجة لظروف الحريق المختلفة منها :–

أ – حريق الطلاء في درجة حرارة أعلى من مدى الحريق الفعلي للنضج "over-fired" أو في درجة حرارة أقل من مدى الحريق الفعلي للنضج "under fired". فمعظم الطلاءات التركوازية (الفيروزي) يصبح لونها أشد خضرة عندما تُحرق أعلى من معدلها ، وأشد زرقة عندما تُحرق أقل من معدلها ، والطلاءات الوردية والبرتقالية تصبح بنية اللون عندما تُحرق أعلى من معدلها .

طلاءات الذهب اللامعة تصبح سوداء شبه مطفية "semi-matt" إذا حُرقت أقل من معدلها ، وبعض الطلاءات العسلي أيضا يصبح لونها إسود لنفس السبب . وطلاءات السيلينوم إذا حرقت أعلى من معدلها ستميل لأن تكون شفافة أو ضاربة للبياض ويمكن أن يؤدى الحريق بشكل بطئ أو التطبيق الخفيف إلى نفس النتيجة .(2)

1- Ref .27 Pp .440   2- Ref .15 Pp .72

ب ـ يمكــن أن يظهر تغير لون رمادي مسود عند وجود مركب عضوي في الطلاء لا يحترق كلياً، حيث أن الإحتراق غير الكامل يترك كربون مُتبقي على سطح الطلاء.

ج ـ الإخــتزال المــبكر يــؤدى إلى تغير لون رمادي لأن الجو المختزل خلال المرحلة الأولــية للتســخين يساعد على تشكيل الهيدروكربونات "hydrocarbons" الثقيلة بين نواتــج الإحتراق ، هذه الهيدروكربونات تخترق مساعدات الحريق بسهولة وتستقر على الأجــزاء الأبرد نسبياً للمنتجات وعندما ترتفع درجة الحرارة تخرج المواد المتطايرة أما البقية المتفحمة فهي التي تؤدى إلى تغير اللون الرمادي.(1)

د ـ أصــفرات الفاناديوم والقصدير ، أووريدات الكروم والقصدير إذا تعرضت للإختزال ولــو حــتى لفــترة قصيرة أثناء الحريق فإنها ستتحول إلى اللون الأبيض ، ومن ناحية أخرى فإن أصفرات التيتانيوم ستتحول إلى اللون الأسود .

3 ـ تأثير تركيب الجسم على لون الطلاء .

يكــون هذا التأثير واضحاً جداً في درجة حرارة الخزف الحجري حيث تنمو طبقة الإتصال بين الجسم والطلاء بشكل جيد ، والتغيير من جسم لآخر يؤدى إلى إختلاف واضح فى لون الطلاء ، ودرجة هذا اللون ، والملمس النهائي للطلاء .(2)

ب ـ3ـ البقع الملونة Coloured Spots .

هــناك أنــواع كثيرة من الشوائب فى الطلاء أوفي سطح الجسم يمكن أن تنتج بقعاً ملونة . علــى ســبيل المــثال ، فإن بقعاً خضراء بمراكز مظلمة تتسب للتلوث بالنحاس من مناخل النحاس ، أومناخل البرونز ، أوسنادات البرونز ، أوأى آلات برونز مع نحاس أخرى .

ـ نقــاط وبقــع زرقــاء تُرى بشكل واضح فى الطلاءات البيضاء تنتج من التلوث بمركبات الكوبالت .(1).

ـ بقعــاً بنــيه تظهــر عندما يتأكسد ما يحتويه البيريت "Pyrite" من الحديد ليشكل سيليكات الحديــد ، وعــندما يتأكسد أكسيد الحديد يتفاعل جزء منه مع المادة الصهارة ، وهكذا تنشأ الــبقع البنيه . وإذا كان الطلاء مشبعاً بأكسيد الحديد تظهر بقعاً بنية مظلمة إلى سوداء على ســطح الطــلاء كنتــيجة لإعادة التبلر "recrystallization" . مثل هذه البقع البنية تظهر كثيراً جداً فى الطلاءات المحتوية على أكسيد التيتانيوم . ويرجع ظهور بعض البقع الزرقاء والسوداء أحياناً إلى تشكيل فوسفات الحديد .(3)

1- Ref .27 Pp .438   2- Ref .15 Pp .72   3- Ref .27 Pp .438

ـ ويمكن أن يظهر مزيجاً من التغير اللوني الأسود وحجاب من الغبار الأبيض الدقيق مشابه للتزهر "efflorescence" على المنتجات المحروقة فى علب حرارية "saggars" من كربيد السليكون SiC بسبب تشكيل مركبات السيليكون الغازية.

ـ أثـناء الحـريق المخـتزل لمنتجات البورسلين ، يمكن أن يصبح الطلاء مشبعاً بمركبات الكبريـت "sulfur"، مما يؤدى إلى تشكيل الكبريتيدات "sulfides" السوداء أوالكبريتيدات المـتعددة "polysulfides" . وتـزداد هـذه الظاهرة فى وجود أكسيد الصوديوم والجبس والحجر الجيري .

ـ الـبقع السـوداء على الطلاءات الرصاصية يمكن أن تنسب إلى إختزال أكسيد الرصاص PbO لصـالح الرصاص المعدني . والطلاءات الشفافة التى يتم تطبيقها تطبيقاً سميكاً يمكن أن تظهـر تغـير لونـي أصـفر خاصـة إذا كانت تحتوى على كميات أساسية من أكسيد الرصاص .

ـ الـبقع السوداء لأكسيد النحاس على طلاءات النحاس ، أحياناً تغطى الطلاء النهائى بطبقة رقيقة ربما تكون شيقة بشكل واضح . مثل هذه البقع يمكن أن تظهر حتى بعد إن كانت هذه المنتجات المطلية بالنحاس قيد الإستعمال .

ـ الـبقع المعدنية اللامعة التى تظهر أحياناً أثناء حريق الطلاءات البنية ، يعرف هذا المظهر عـادة بالتمعدن "Metalization" بالرغم من أن الذى يتشكل فى هذه الحالة هى البللورات الإبـريه "Spinel" فقـط – وهـى ليست فلز حقيقى –. وينتج هذا العيب عادة من إستخدام صـبغات مكلسـه بشكل غير تام أو غير جيد ولا تزال تحتوى على بعض الأكاسيد التى لم تـتحول إلى بللورات إبرية "Spinels". ويعتمد التمعدن بالكامل على ظروف التبريد ويمكن التخلص منه بإعادة الحريق .

ـ الطـلاءات الـتى يستخدم أكسيد القصدير فى إعتامها يظهر فيها عادة بقعاً وردية (وردي كـروم – قصدير) كنتيجة لوجود أقل محتوى من أكسيد الكروم 0.01% أو استخدام أنابيب معدنية بيرومترية للحريق أو عناصر التسخين التى تحتوى على آثار معدن الكروم . ويمكن التخلص من هذه البقع بإضافة مركبات الفلورين .(1)

1- Ref .27 Pp .439

رابعاً :ـ التصنيف تبعاً لملمس السطح .

أ ـ النعومة "Smoothness" والخشونة "Coarseness" .

تتنوع الملامس على الأسطح الخزفية إبتداءاً من النعومة العالية جداً حتى الخشونة الشديدة ، ومـــا بين النعومة والخشونة يتواجد العديد من الملامس المختلفة . ويطلق لفظ السطوح الـــناعمة عندما يكون السطح الخزفي مطلي بطلاء زجاجي تام النضج نتيجة لتسويته في درجة حرارة مناسبة ، أوعندما يكون السطح ذو درجة لمعان عالية ، أو عندما يتم صقل الجسم الخزفي .

والســـطح الخشن "Coarse Surface" يمكن أن يكون خشناً بطبيعته نتيجة لوجود مواد غير منصهرة فى الطلاء الزجاجي أو في الطينة ، أو نتيجة لإضافة مواد خشنة للبطانة أو للطـــلاء الزجاجـــي نفسه . ويمكن أن يكون السطح الخزفي خشناً نتيجة لوجود الإضافات التى تغلي "boil" وتُحدث فقاقيع "bubbles" وتنتفخ ، تاركة أسطح بها حفر، أوإنفجارات ، أوســـطح يشبه سطح القمر ، أوسطح بركاني . ويمكن أيضا أن يكون عبارة عن سطح يـــتجعد "pucker" ويتصدع "fissure" أثناء عملية الحريق . وهذا السطح يمكن أن ينتج فى مرحلة الحريق عندما ينصهر الطلاء على الجسم ، ولكنه لا يصل إلى مرحلة النضج. ويمكـــن أن ينتج أيضاً بشكل عرضي أو مُتعمد أثناء دورة التبريد . وهذا السطح يمكن أن يكـــون ببساطة نتيجة لوجود مواد خشنة "granular" بداخل الطلاء الزجاجي وهذه المواد تُســـيل bleed أو تـــتجمع pool أثـــناء الحريق وتعطى ملمسا بصرياً بدلاً من الملمس الطبيعي .(1)

ب ـ الملمس في السطح الخزفي نتيجة لإضافة المواد الخام لكلاً من الطينة والطلاء .

ب ـ1ـ المواد التى تضاف للطينة :-

هذه الإضافات يمكن أن تكون على هيئة مواد خام ملونة أو غير ملونة ، ومن المواد التي يمكن إستخدامها للحصول على ملامس في الطينات ويكون لها تأثير في الملمس البصـري للطلاء ما يلي :-

ـ الرمل "sand".

الـــرمل الملـــون مثل الحجر الرملي المصبوغ بالحديد أو رمل الشاطىء البركاني الأسود كالموجود في جزيرة هاواي أو جزر اليونان ، يمكن أن يخلط بالطينة أو بطانة الطينة "clay slip" . مـــع الأخـــذ في الإعتبار أن الرمل الذي يكون الحجم الحبيبي له أكبر من (mesh 50) يمكن أن يسبب مشاكل فى الطينات بسبب تحولات الكوارتز .(1)

1- Ref .20 Pp .148

– الجروج "grog".

يمكـــن أن يُصنع الجروج من الطينات المختلفة ويمكن أن يُلون بالأكاسيد ، أو الملونات ، أو صبغات الجسم ، وبعد الحريق يتم تكسيره وطحنه ونخله خلال منخل (mesh 30) .

والجـــروج الملـــون يمكـــن أن يضاف للطينة أوالبطانة– إعتماداً على الطلاء– وسيتجمع معطياً بقعاً ملونة أو إذا إنصهرت المادة الخام تماماً سينتج عروقاً ونقط .

– الملونات الخشنه " granular colorants" .

بعـــض الملونات تكون متوافرة تجارياً في صورة خشنة ، مثل الروتيل "Rutile" –هو معـــدن مكـــون مـــن التيتانيوم– ، والإلمنيت "Ilmenite" – هو معدن مكون من الحديد والتيتانيوم .

وإذا كـــان الممكـــن الحصول على نفايات المناجم التي غالباً ما تحتوي على العديد المواد المعدنية ، يمكن إضافة مسحوقها الناعم إلى الطينات للحصول على تأثيرات شيقة ونادرة.

ويمكـــن إنـــتاج السطوح التى تشبه تدفق الحمم البركانية بإستخدام المنجنيز الخشن . ويبدأ المنجنيز فى الإنصهار عند حوالى 1200:1160° م ثم يمتص خلال الجسم .

والطيـــنات ذات الحـــرارة المتوســـطة والعالية مثل الخزف الحجري الفاتح اوالبورسلين الأبيض أوالملون تعطى أفضل تباين مع المنجنيز الأسود .

ويجب إتخاذ الحذر حتى لا يلتصق هذا العمل برف الفرن نتيجة لتدفق المنجنيز المنصهر .ولمـــنع حـــدوث تلك المشكلة يمكن وضع القطعة على شريحة من الطوب العازل مغطاة براسب الفرن أو عليها غبار من الفلنت أو من هيدرات الألومنيا .

– مواد الاحتراق"Burnout Materials"

العديـــد مـــن المواد العضوية "organic materials" يمكن إضافتها للطينة مع الأخذ في الإعتبار أنها تحترق أثناء عملية الحريق ، تاركة خلفها مسام ذات أشكال ملمسية مختلفة ، القـــش ، رواسب البن ، قشر البندق والجوز المطحون ، قشر بذور القمح والذرة ، نشارة الخشب وهكذا......... يمكن أن تستخدم لهذا الغرض .

وبعـــض المـــواد غـــير العضـــوية ذات الإنصـــهار المنخفض مثل البيرليت "perlite" والفيرميكوليـــت"vermiculite " المـــتمدد ، والنايلون ، أوالفيبرجلاس يمكن أن تستخدم لإضافة قوة ليفية للجسم في مراحل التشغيل ، ولكنها من ناحية أخرى تكسب الجسم ملمساً خشناً .(1).

1- Ref .20 Pp .149

ب ـ2ـ المواد التى تضاف للطلاء :-

المواد المذكورة سابقاً يمكن إستخدامها كإضافات للحصول على ملامس فى الطلاء .
الـرمل ، الجروج ، والملونات الخشنة عندما تضاف للطلاء عادة تعطى تأثيرات مختلفة تمامـاً عـن تلـك التى تحدث عند إضافتها للطينة ، وذلك لأن تلك المواد يكون لها تأثير مباشرعلى إنصهار الطلاء .

وتختلف كمية المواد المضافة للطلاء طبقاً للنتيجة المرغوبة ، وعادة ما بين (5 % : 10 %) من معظم تلك المواد لتعطي تأثيراً واضحاً .(1)

وكثـيراً من المواد فى صورة مسحوق يمكن أن تنثر ، أو تكوم ، أو تضاف وهى رطبة قلـيلاً للطلاء ، ولذلك عندما يتم حريق القطعة يظهر سطح زخرفي متنوع ، والعديد من التأثيرات الزخرفيه من تبللر، وتشقق ، وتجميع يمكن الحصول عليها بهذه الطريقة .

ومـن المـواد الكيميائية التي تؤدي للحصول على أفضل النتائج عند التطبيق فى صورة مساحيق هى كالآتى :-

ـ للتأثيرات البللورية " Crystalline" :-
  الليثيوم ، الزنك ، التيتانيوم ، الروتيل ، الإلمنيت ، النحاس .
ـ للتأثيرات المتشققه "Crackled" :- النيفلين سيانيت ،الليثيوم ، البوراكس ،أمبلجونيت "Amblygonite" ،والطلاءات سابقة الصهر "Frits" .
ـ للتأثيرات التي تأخذ شكل أخاديد "Pooled" :- الطلاءات سابقة الصهر ، الكوليمانيت أو كسر الزجاج ، خرزات الزجاج والخرزات المطلية بالمينا .
ـ للتأثـيرات المخرزة "Beaded" :- الخرزات المطلية بالمينا المحروقة والتي لاتزال عند نقطة إنخفاضها "Slumping" .
ـ للتأثـيرات التجمعة "Crawled" :- مسحوق الطينة أو البطانة على طلاء ذو لمعان عالي، أو به محتوى عالي من الزنك .
ـ التأثـيرات البركانية ذات النقر والحفر "Cratered" :- يمكن الحصول عليها بإضافة من 3% إلى 5% من كربيد السيليكون ذو الطحن المتوسط إلى الطلاء .وسيسبب ذلك بعض الإختزال ، حتى في الفرن الكهربائي ، وستتأثر الألوان وفقاً لذلك .(2)

وللحصـول علـى التأثـيرات ذات الحفر أيضاً يتم وضع الملح الخشن مباشرة في النار والحـريق حـتى 1300:1250°م ويفضل أن يتم ذلك مع الأجسام الطينية ذات السيليكا العالية ، حيث أنه كلما كان الحريق أطول كلما كان الحصول على التأثير ذو الحفر أكبر .

1- Ref .20 Pp .150   2- Ref .20 Pp .152

ويمكــن الحصـــول علـــى الحفر الملونة بخلط الملح العادي مع الملونات المعدنية القابلة للذوبـــان مع قليل من الماء ، ورشها على الجسم البسكويتي أو على الجسم غير المحروق (الأخضـــر)، ثـــم الحـــريق عند 1300:1250°م ويمكن ان ينثر الملح على السطح في الأجسام التي يتم حريقها عند 940° م للحصول على تأثيرات شيقة جداً .(1)

ـــ المعادن :-

يمكـــن إســـتخدام بعـــض المعادن مثل الحديد ، والنحاس ، والنحاس الأصفر "Brass" ، والـــبرونز علـــى هيـــئة شرائح رقيقة أو سلك أو مسامير ، والتي ستنصهر مباشرة على الطينة أو الطلاء . ومما لاشك فيه يمكن حدوث بعض التشوه أو التحلل وتعتمد درجة هذا التشـــوه علـــى درجـــة حـــرارة الحريق . ويجب عمل العديد من التجارب لتعديل النتائج المتوقعة ، ولكن من الممكن الحصول على أسطح شيقة جداً وألوان جميلة بهذه الطريقة . على سبيل المثال أسلاك النحاس الرفيعة يمكن أن تتخذ أشكالاً وتنصهر على سطح طلاء أبـــيض معتم ، فإذا كان الطلاء ذو حساسية لتطور درجة الحرارة العالية للنحاس الأحمر في حالة الإختزال ينتج السلك النحاسي خطوطاً داكنة اللون محاطة بظلال حمراء .
أما في حالة الأكسدة فالإحتمال الأكبر أن يعطي خطوطاً سوداء مع ظل أخضر اللون .
وإعـــتماداً علـــى سمك كلاً من السلك النحاسي وطبقة الطلاء ، فإن السلك النحاسي إما أن ينتشر تماماً في الطلاء أو يظل فوق الطلاء على هيئة خطوط سوداء .(1)

<u>جـــ ـ عيوب في الطلاء لها صلة بالملمس .</u>

عـــيوب الطلاءات الزجاجية التي تؤدي إلى ظهور ملامس مرئية أو محسوسة في المنتج الخزفي هي ما يعني البحث بدراسته . ويمكن تصنيف الطلاءات من خلال مظهر السطح الـــناتج عن هذه العيوب ، فنجد أن هناك الطلاءات المتجمعة ، والطلاءات المتصدعة ، والطلاءات المتشققة ، والطلاءات ذات البثور والحفر ، والطلاءات المخرزة ....وهكذا .

1- Ref .20 Pp .153

الفصل الثانى

مواد الفن وجماليات الطلاءات الزجاجية

أولاً:- الخط

ثانياً:- اللون

ثالثاً:- الملمس

مواد الفن وجماليات الطلاءات الزجاجية

إن الفنان الخزاف ينطلق إلى إيجاد التكوين الفني الخزفي مستخدماً عناصر الإبداع المكونة من الخطــوط والألــوان والملامس محاولاً الوصول إلى القيم الجمالية في توازن وتضاد وتكامل وإيقـــاع وتجـــانس ، والتي تؤدي في النهاية إلى تحقيق أو توظيف تلك القيم في محاولة لإثراء الأعمال الفنية الخزفية .

وبصـــرف الـــنظر عن الموهبة التي إذا توافرت تؤدي إلى وصول الأفكار بشكل سلس ، فإن ممارســـة العمـــل شـــئ في غاية الأهمية ، فما هي إلا خبرة متواصلة بالأسس والقيم الجمالية وبإمكانـــياتها التي لاحد لها . تلك الخبرة التي تجعل من اليسير إدراك هذه العوامل والتي غالباً مـــا يقـــود الفـــنان فيها الإحساس اللاشعوري ليتمكن من ترجمة الأفكار المتنوعة والمعالجات المختلفة على الأسطح والمجسمات الخزفية .

ومـــن المعروف أن مواد الفن التشكيلي بشكل عام تتكون من قيمة الخط الفاتح والغامق والظل والـــنور وهى درجات ظلية لونية "chiaroscuro" ؛ ومن اللون والملمس والشكل ، وبترتيبها وتكويـــنها وتكاملهـــا تعطينا مانسمية بالعناصر . وهذه العناصر عبارة عن الأشكال المجسمة والفـــراغات (Solids & Voids) والمســـاحات الهندسية والمساحات القاتمة والفاتحة ، وكذا الفراغ .(1) وفيما يلي فكرة مبسطة عن هذه العناصر .

أولاً : الخط :-

يعتـــبر الخـــط هو أحد الوسائل البسيطة وفى نفس الوقت أكثر مادة أهمية ومنفعة من بين تلـــك المواد التى يستخدمها الفنان ، كما أنه أيضا من أكثر الأشياء تعقيدًا إذ قد يكون شيئاً دقيقاً ومع ذلك فهو يقوم بالكثير من الأعمال . فقد يكون محيطاً لمساحة معينه ، أوشكل ، أوآداة للتحديد ، وقد يقوم أيضاً بتحديد إتجاه الحركه وامتداد الفراغ .

وأحياناً يكون الخط وصفياً ، كما يساعد على إيجاد الإحساس بالصدق تجاة الطبيعة (مثلا الخطوط المحفورة العميقة المتقاطعة التى تعطينا الظلال) ،أو قد تكون خطوطاً رمـــزية مـــثل وظيفـــتها عندما يكون التعميم وسيلتها لتنقل إلينا حقيقة شاملة بدلاً من الحقيقة العنية .

وطبـــيعة الخـــط هو نقل الحركة مباشرة كما نتبعها فقد يكون إتجاه الخط مستقيماً أو منحنـــياً ، منفصـــلاً أو ممتداً . ويعتبر الخط هو العنصر الأساسي لتكوين المجسمات والفراغات .(2)

1- Ref .2 Pp .236 2- Ref .2 Pp .237

وللخطـــوط دوراً هامـــاً فـــي إعادة تشكيل مساحة طبقة الطلاء ، فأحياناً تظهر طبقة الطـــلاء وبها شبكة دقيقة من الخطوط المتقاطعة ذات الإتجاهات المختلفة والتي يمكن إدراكهـــا بالرؤية البصرية بدون إدراكها عن طريق اللمس لتشكل طلاءاً متصدعاً أو متشـــققاً ، وأحـــياناً أخرى نجد طبقة الطلاء مُقسمة إلى مساحات ذات أشكال وأبعاد مختلفة ، ويحدد شكل هذه المساحات الخطوط المتقاطعة ، المنحنية ، أوالمنكسرة التي تفصـــل بينها لتشكل نماذج مختلفة من الطلاءات المتجمعة ، وجميعها تأثيرات جمالية ناتجة من الطلاء الزجاجي نفسه فهي نتيجة لتركيب الطلاء وتفاعله مع الجسم ولا يد للفنان فيها إلا من ناحية التنسيق فيما بينها والعمل على إظهارها برؤية فنية جيدة .

ثانياً : اللون :-

يوصف اللون عادة بتدرج اللون "hue" والقيمه " value" وقوة اللون "intensity" .

1- التدرج فى اللون :- مثل الأحمر والأزرق والبرتقالي .... وغيرها .(1)

2- درجة اللون (القيمة) :- هى درجات الفاتح والقاتم فى اللون إذ أن معظم الاعمال الفنية يظهـــر بها درجات متعددة من الفاتح والقاتم وهذه الدرجات هى ما يسمى بالقيم ، وتتكون مـــن آلاف الدرجات (الفاتحة) والدرجات (المتوسطة) والدرجات (القاتمة) وهى عبارة عن قيم وسيطة، وتعتبر هذه القيم بالنسبه للفنان ذات اهمية جمالية وعاطفية ونفسانية.

فـــنجد فـــى فن التصوير على سبيل المثال إن ما يلاحظ فى اللوحة هو توزيعها للدرجات الفاتحـــة والقاتمـــة ، فبعض اللوحات بها درجات فاتحة وقاتمة أكثر قوة وثباتاً ، وبعضها يســـتخدم درجات قليلة جداً ، والبعض الآخر تكون الدرجات فيه وسطاً بين الأثنين لتعطي تاثيراً عاماً .

ولا يتغـــير نوع الدرجات الفاتحة والقاتمة من وقت لآخر فى فن التصوير بخلاف الفنون الأخـــرى مثل النحت والعمارة ، فان القيم تتغير بتأثير الإضاءة الخارجية عليها ، فنجد أن الـــبروز والإنكســـارات والأجزاء البارزه تمتص الضوء بطريقة ما فى الصباح وطريقة أخـــرى بعد الظهر ، وطريقة فى فصل الصيف ، وطريقه مختلفة فى فصل الشتاء معتمدة على موقع الشمس أوبعض العناصر المضيئة الأخرى . (2)

3- طبـــيعة اللـــون :- وتســـمى قـــوة اللون ايضاً "chroma" ومعناها درجة الضوء أو " saturation" ومعناها التشبع الضوئى وينسب إلى درجة وضوح الضوء .

فمـــثلاً لـــو أخذنا نوعين من اللون الأخضر يتساويان فى قيمة الدرجه القاتمة ، فالأول قد يكون ساطعاً ، أما الثانى فقد يكون لونه أخضر معتم .(1)

1- Ref .2 Pp .241 2- Ref .2 Pp .239

وبـناءاً علـى ذلـك فعند الحديث عن أى لون لابد من الإشارة إلى تدرجه (مثل الأحمر والأزرق والـبرتقالى) ، وعـن قيمـته (مثل الفاتح والقاتم أو مابينهما) ، ثم قوة اللون (زاهياً أو معتماً) .

وتوصـف الألـوان بصفات طبيعية مثل البرودة والدفيء ، فالألوان الخضراء والزرقاء بـاردة (كما فى الحشيش والأشجار والسماء) واللون الأحمر والأصفر والبرتقالي ألوان دافـئة (كمـا فـي النار والشمس) . وتعطى الألوان الدافئة عند وضعها على أى سطح تأثيراً بالقرب وتعرف بالألوان الأماميه أو القريبه ، وبالعكس تعطىالألوان الباردة التأثير بتباعدها وتعرف بالألوان الخلفية أو المبعدة .(1)

وقـد نـتأثر بـنوع اللون الإنفعالي فنجد أن مجموعة من الألوان الباهتة المتضاربة من الأحمـر والأخضـر تـؤدي إلـى الإحسـاس بالإزدراء ، أما الألوان الخضراء المعتمة والـرمادية المعـتمة تـؤدي إلـى الإحساس بالتوقع والعصبية . وتبعث بعض الالوان كالاصـفر علـى المـرح والإنتعاش ، وبعضها مريح كالأزرق ، ولا يزال بعضها مثيراً للغاية كاللون الأحمر .(2)

ويجـدر بـنا الإشارة إلى أن الخامات الطبيعيه نفسها غنية بالألوان فهناك الأخشاب ذات اللون الأحمر أو الأسود أو البني ، والرخام والجرانيت بألوان متعددة ، ويمكن الحصول على تدرجات وقيم لونية كثيرة أثناء عملية تصنيع الزجاج.

والخامـات الطبيعـية التـي يـتكون منها الجسم الخزفي مثل الكاولينات التي تساعد فى الحصول على جسم ذو لون أبيض أو فاتح بعد الحريق ولكن نظراً لوجود بعض الشوائب فـي هـذه الكاولينات فيمكن أن نحصل على أجسام تتدرج ألوانها من الكريمي والأصفر والبنـي وصولاً إلى اللون الأحمر ، وطينات الكرة " ball clay " تكون ذات لون أصفر أو كريمي محمر بعد الحريق ، وطينة أسوان ذات اللون الأحمر بدرجات مختلفة .

وعـند عمل خليط من هذه الخامات مجتمعة أومتفرقة مع بعض الإضافات الخارجية من الأكاسـيد المعديـنة الملونة أوالصبغات الخزفية الملونة يمكننا الحصول على تدرج لونى كبير من الألوان المختلفة ودرجاتها الفاتحة والقاتمة وقوتها الساطعة والمعتمة ، وبإستخدام الطـلاءات الزجاجية الشفافة على الأجسام الخزفية الملونة نجد أن الألوان الخزفية للجسم المعـتم قد أصبحت ألواناً ساطعة مع تغير طفيف فى قيمة اللون المرئي ، وإختلاف كبير فى الرؤية الفنية .

1- Ref .2 Pp .241   2- Ref .2 Pp .242

أمـــا الطـــلاءات الزجاجـــية الملونـــة فإنها عالم من الألوان غني بتدرج الألوان الطبيعية المـــتعددة ، والقـــيم اللونـــية المخـــتلفة ، وقوة اللون ممثلة في الشفافية والإعتام واللمعان والإنطفـــاء . إذ أنه من الممكن الحصول على أي درجة لونية بإستخدام الصبغات الملونة أوالأكاسيد المعدنية المختلفة ، كما أنه يمكن الحصول على قيم لونية لاحصر لها من خلال إختلاف نسبة وجود هذه الأكاسيد والصبغات في خلطة الطلاء ، وبالنسبة لقوة اللون فهي تكـــون واضـــحة جـــداً فـــي الطلاءات الزجاجية من خلال الطلاءات الشفافة والمعتمة ، والطـــلاءات اللامعـــة والمطفأة ، والدرجات الوسيطة بين هذا وذاك . وكل تلك العوامل المرتبطة باللون الخزفي وتجانسها وتوافقها يكون لها عظيم الأثر في الرؤية النهائية للعمل الفني الخزفي .

<u>ثالثاً: الملمس :-</u>

تشترك جميع الفنون بأن لها ملمس أو تأثير سطحى وينتج هذا الملمس من طبيعة التكوين الخـــاص لكل مادة . وقد نشعر بهذا النوع من الملمس عن طريق أصابعنا فى فن الخزف والنحـــت والبناء وبعض الفنون الصناعيه الصغيرة . وقد تنتقل إنفعالاتها إلينا عن طريق العين أو الرؤية البصرية ، فلكل من أعمال التصوير والطباعة والرسومات ملمس سطحي مُختلف مرئي طبقاً لخشونة القماش أو نعومة الورق المشمع وغيرها .

وبيـــنما تظهر أعمال التصوير ناعمة أو خشنة فإن الأنواع الأخرى من الفن مثل الخزف والعمـــارة والنحت والقماش تظهر ناعمة أو خشنة نظراً لأنها فى الحقيقة ذات سطح ناعم أو ذات ســـطح خشن . وبالإضافه إلى الملمس الناتج من الأتصال المادى المباشر نجد أن الســـطح الناتج له أهمية خاصة تنبع من اللون والخط وبعض العناصر الأخرى . والحقيقة أن أنواعـــاً معيـــنة من الملمس سوف تؤثر فى رؤية اللون كما ستؤثر فى درجات الفاتح والقاتم فالملمس الناعم يخفى الظلال فى حين يساعد الملمس الخشن على ظهورها .(1)
ويعتبر الملمس من العناصر الهامة في المنتجات الخزفية وبالتالي في الطلاءات الزجاجية ، وينـــبغى أن يـــتفق الملمس مع الشكل أوالوظيفة الأساسية للشيىء الذى وضع له . فعند تصـــميم منـــتج صـــناعي مثل أدوات المائدة ، لابد من مراعاة أن يكون الملمس النهائي للمنـــتج نـــاعم ومصـــقول بما يتناسب مع إعتبارات النظافة والإستخدام ، أما في منتجات الخـــزف الفنـــي يمكن إطلاق العنان للخزاف بما يتناسب مع رؤيته الفنية وخلفيته التقنية لإبداع الملامس الفنية المختلفة والتي من خلالها يمكن إضافة قيمة جمالية للمنتج الخزفي .

1- Ref .2 Pp .243

وتــبدو القــيمة الجمالية للملامس على الأسطح الخزفية عندما نتعامل مع الطلاء المتجمع الــذي يجعــل القطعــة الخزفــية ذات ملامس غائرة وبارزة من مساحات الطلاء مختلفة الأشــكال والأبعــاد والتي يمكن إدراكها بالرؤية البصرية واللمسية ، أو الطلاء المتشقق والذي تظهر قيمته الجمالية من خلال اللون حيث تمتلئ التشققات باللون الغامق وما يحيط بهــا يكتســي باللون الفاتح مبرزاً قيمة التباين والتضاد كأحد عناصر التشكيل الفني ، أو الطــلاء الذي يمتلئ سطحه بالبثور وكأنه يغلي وعندما يزيد عمق هذه البثور تصبح ثقوباً وحفر ذات مظهر أقوى وأوضح ويكون مظهر الطلاء وكأنه وسادة للدبابيس ، أو الطلاء الذي تنتفخ بعض أجزاؤه كأنها بالونات صغيرة ، كل هذه الملامس وغيرها عند تطبيقها علــي الســطح الخزفــي منفردة أو بالتناسق فيما بينها تعطي قيماً جمالية ذات طابع جيد للمنتجات الخزفية .

ونظراً لوجود عوامل مختلفة تحيط بالمنتج الخزفى وتؤثر على رؤيته النهائيه فإن الخزاف دائماً يعيش حالة من الترقب لأعماله بعد الحريق فأحيانا ما يخطط الخزاف للحصول على لــون وملمــس معين بعد الحريق وتأتى النتيجه مخالفه لهذا التخطيط والتوقع مرة بشكل سلبى ونتيجة غير جيدة فنياً ، ومرة أخرى بشكل يفوق توقع الخزاف مما يثير قوى داخلية لــدى الفــنان لإنجاز بعض التأثيرات اللونية والملامسية الشيقة التى من الممكن أن تظهر بشكل عرضى ووضعها تحت سيطرته التقنيه والفنية .
ومــا هــو أهــم من اللون والملمس أو أي ماده من مواد التصميم هو الترتيب والتنسيق للتأثيرات اللونية والملامسية ترتيباً منتظماً كجزء من التأثير الموحد للعمل الفنى .

الباب الثانى

* عيوب الطلاءات الزجاجية والعوامل المحيطة بها

*الأسباب العامة التى تؤدى الى ظهور عيوب فى الطلاءات الزجاجية

الفصل الأول

كيفية حدوث بعض عيوب الطلاءات الزجاجية

- التجميع
- التصدع
- التشقق
- البثور والغليان
- الثقوب الإبرية والحفر
- التقشير
- التشظي
- الإنتفاخ
- التخريز

إن الطلاءات الزجاجية من الأهمية بمكان بما لها من دور حيوي وملموس في الحصول على أسطح ناعمة ملساء يسهل تنظيفها ، وجعل السطح غير منفذ للماء ، وأيضاً مقاوم للاحتكاك وذلك من الناحية الوظيفية أما من الناحية الجمالية فإن الطلاءات تجعل من السطح الخزفي خلفية يسهل معالجتها زخرفياً بأساليب متنوعة .

والملمس في الطلاءات الزجاجية يضيف إلى السطح قيم جمالية بصرية ولمسيه مرئية ومحسوسة ، وتعتبر عيوب الطلاءات الزجاجية أحد أهم العناصر التي نستطيع من خلال التحكم فيها أن نثرى السطوح الخزفية برؤى فنية جديدة .

ويمكننا تحديد عيوب الأسطح المطلية بطلاء زجاجى عند النظر إليها فى الضوء الطبيعى "Bright Field" ، وذلك عند سقوط الأشعة على السطح بطريقة منتظمة وانعكاساتها بنفس الطريقة.

فإذا انعكس الضوء على السطح المطلي بطلاء زجاجي بزاوية مائلة فسوف تتضح عيوب الطلاء الزجاجي تماماً . كما أن استعمال الضوء الطبيعي يظهر عيوب الطلاء الشفاف ، ويمكننا استعمال العدسات المكبرة "magnifying glasses" لتساعدنا على تحديد العيوب بطريقة أوضح .

ويمكننا تصنيف بعض العيوب المختلفة للطلاء الزجاجي، كما يلي:-

1- التجميع Crawling

2- التصدع Crazing

3- التشقق Crackle

4- البثور والغليان Blistering & Boiling

5- التقشير Peeling

6- التشظي Shivering

7- الثقوب الإبرية والحفر Pinholing & Pitting

8- الانتفاخ Bloating

9- التخريز Bittiness

وإذا كانت العيوب تضيف قيم جمالية إلى المسطحات والأجسام الخزفية فيجب مراعاة أماكن وطرق تطبيقها على الخزف الوظيفي نظراً لأن الاستعمال اليومي لأدوات المائدة – على سبيل المثال – لا يتناسب ووجود طلاء زجاجي به قيمة جمالية ناتجة عن التجميع لأنه سيعوق عملية التنظيف بعد كل استعمال.

ويتناول الفصل الأول بعض أنواع العيوب وأسبابها والعوامل المحيطة بها.

التجميع "CRAWLING"

الزحف "CRAWLING". التموج"ROLLING" . الكرمشة "RUCKLING". التخريز "BEADING" (1) الانكماش أوالتقلص "CONTRACTION" (2).



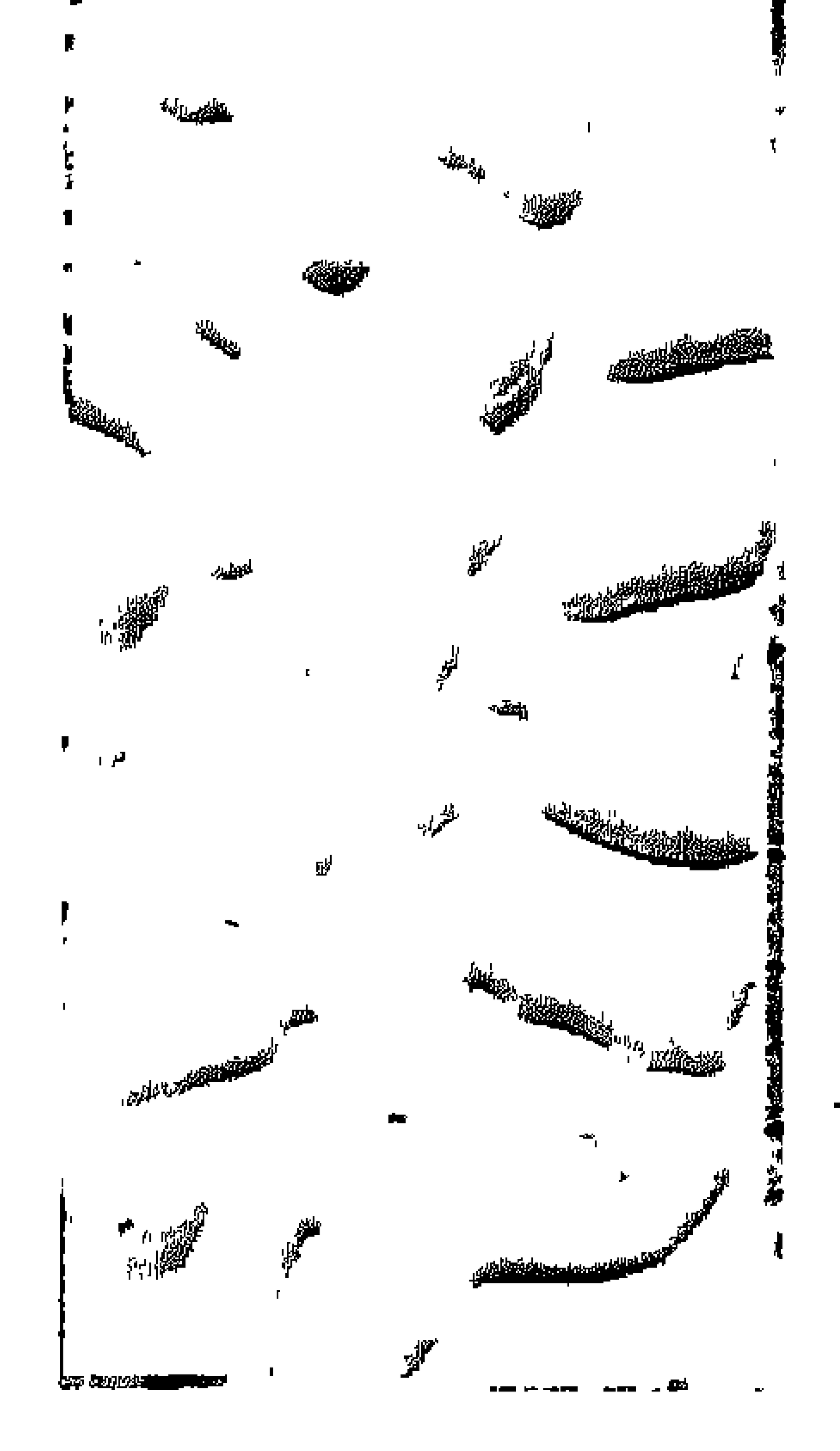
[1]-تعريف:-

يحـــدث التجميع عندما تتشقق طبقة الطلاء وتتجمع بطريقة عشوائية تاركة مساحات غير مطلية علي الجسم ، وعادة ما تكون حواف تلك المســـاحات غــير المطلية مغطاة بطبقة فيلمية رقيقة من الطلاء(1) وتكون حافة طبقة الطلاء التي تحيط بتلك المساحات الخالية مستديرة وسميكة وناعمة.

ويخـــتلف مظهر التجميع من مساحات دقيقة ومعزولة إلي مساحات أكثر إنتشاراً،(3) وفي حالات نادرة يتراكم مصهور الطلاء علي هيئة قطرات أو نقط.(4) وفي هذه الحالة يطلق عليه التخريز.(1)

وربمـــا يـــتجمع الطلاء بعيداً عن معظم القطعة ويترك سطحها مترســـباً علـــي هيئة بركة من الطلاء المنصهر علي رف الفرن تحت القطعة.(4)

شكل (8)
نماذج للتجميع فى الطلاءات
شكل (9) (7)



[2]-أنواع الطلاءات التي لها قابلية للتجميع:-

يظهر التجميع على كل أنواع الأجسام ولا يعتبر قاصراً على الخزف الأرضي"Earthenware"، أوالخزف الحجري "Stoneware" (1) ولاريـــب أن هـــناك أنواعاً من الطلاءات تكون عرضة للتجميع أكـــثر من أنواع أخرى . فالطلاءات اللزجة نسبياً غالباً ما تكون عرضة للتجمـــيع عندما تنصهر أكثر من الطلاءات ذات السيولة العالية.(5) لأن التشـــققات والكسور في سطح الطلاءات الأكثر سيلاناً والتي تحدث في المـــراحل المبكرة للحريق تميل إلي الالتئام تماماً عندما ينصهر الطلاء " melt" ويتدفق "flow.". (6)

1- Ref.19 Pp86 2- Ref.27 Pp .425 3- Ref.15 Pp .79
4- Ref.26 Pp156 5- Ref.15 Pp80 6- Ref.26 Pp157
7- Ref.18 Pp .26

والطـــلاءات ذات المحـــتوى العالـــي من الألومينا (1) ، والكوليمانيت (وهو مصدر رخيص لأكسيد البورون والكالسيوم في الطلاءات الزجاجية) (2) دائماً ما تكون ذات لزوجة انصهار عالـــية وبالتالـــي فإنها تكون أكثر عرضة للتجميع (1) من الطلاءات الرصاصية والتي تكون أكثر سيولة في انصهارها من أي طلاءات أخرى خالية من الرصاص ولذلك فهى أقل عرضة للتجميع.(3)

أمـــا الطـــلاءات المعـــتمة "Opaque Glaze"– وبخاصة الطلاءات التي يستخدم الزيركون لإعـــتامها – تكون أكثر لزوجة من الطلاءات الشفافة "Transparent Glazes" .والطلاءات المطفـــأة "Matt Glazes" التـــي تحـــتوي على أكسيد الزنك تكون أكثر عرضة للتجميع من الطلاءات اللامعة"Glossy Glazes" . (1)

ويكـــون التجمـــيع شـــائعاً فـــي طـــلاءات بريستول ، السيلادون ، وطلاءات البوروكالسيت "Borocalcite"

- محتوى أكسيد الزنك في طلاءات بريستول هو الذي يسبب التجميع.
- وفي السيلادون يكون سبب التجميع هو المحتوى العالي للألومينا.
- أمـــا فـــي طلاءات البوروكالسيت فإنها ينقصها المصهرات اللازمة من الخامات ذات التوتر السطحي المنخفض. (3)

[3]-الأسباب التي تؤدي إلى ظهور التجميع في الطلاءات الزجاجية .

3-1- خواص الطلاء.

3-2- إعداد وتحضير الطلاء.

3-3- حريق الجسم.

3-4- الدهون والأملاح على سطح الجسم.

3-5- التطبيق.

3-6- انكماش طبقة الطلاء .

3-7- الحريق وجو الفرن.

3-8- الزخرفة تحت الطلاء.

3-1- خواص الطلاء .

هـــناك العديد من خواص الطلاءات الزجاجية عند درجات الحرارة العالية تؤثر عند استخدامها ، مثل اللزوجة والتوتر السطحي وزاوية التماس ومعامل التمدد والتطاير والتفاعل مع الجسم .

1- Ref .15 Pp .80 2- Ref .26 Pp .157 3- Ref .19 Pp .86

ويعتــبر التغير التدريجي في اللزوجة إحدى الصفات الهامة للطلاءات الزجاجية والتي تسمح بالحفــاظ على طبقة الطلاء على سطح الجسم ، وذلك بعد تكسير روابط البللورات ذات القوى المتســاوية عند مستوى حرارة معين لتكون سائلاً ، والطاقة المسببة لذلك تمثل بدرجة حرارة الانصــهار للطلاء . ويؤثر في لزوجة الطلاءات مدى التفاعل مع الجسم وخاصة مع السيليكا والألوميــنا ، والــتطاير السطحي للعناصر المساعدة على الانصهار مثل الرصاص مما يزيد اللــزوجة ، ويجــب أن تكــون لزوجة الطلاء منخفضة بالقدر الكافي للسماح لفقاعات الهواء بالخروج وانسيابها على السطح في مستوى منتظم .(1)

ويؤثــر مقــدار التوتر السطحي على قدرة الطلاء على الانسياب المنتظم كما تؤثر زيادة قيمته على حدوث التجميع . إن قابلية الطلاء المصهور على ترطيب الجسم "wet" وبزاوية تماس "contact angle" أقــل مــن 90 ، لكي تنتشر طبقة الطلاء وترطب المساحة الكلية للجسم ، ويحدث عند نقطة التماس طلاء وجسم وهواء ،والتي تحدث وتزداد من 900° : 1000° م مما يحدث ترطيب جيد ويغطي العيوب .(1)

والطــلاء الــذي يتجمع يكون لــه توتر سطحي عالي ، ويكون لزجاً بسبب محتوى الألومينا العالــي ،والطلاء اللزج ينصهر ملتصقاً بنفسه بدلاً من انصهاره على سطح الجسم والالتصاق بــه. فأكســيد القصدير ومواد العتامة الأخرى تميل لزيادة التوتر السطحي وهكذا فإنها تحفز التجميع.

3-2- إعداد وتحضير الطلاء .

الطحــن الزائد للطلاء يمكن أن يجعل الطلاء زغباً (رقيق وخفيف) "fluffy" بشكل كبير (2) وذلــك نتيجة للتشكيل الكبير للمادة الغروية في الطلاء ، لدرجة أنه لا يلتصق بالجسم البسكويت بشكل جيد مما يؤدي إلى حدوث التجميع .(3)

وتعمــل زيــادة الطحن على تحسين الملمس السطحي للطلاءات ، ولكن الطلاءات الأكثر طحــناً تتشــقق أثــناء الجفاف وتتجمع أثناء الحريق . واختبارات الصلابة والخدش على الطــلاءات المحــروقة تؤكد أن الطحن الناعم يؤدي إلى زيادة مقاومة الخدش ويؤدي إلى تقليل ظهور العيوب بشكل عام. وربما يرجع ذلك إلى أن الطبقة البينية من الجسم والطلاء تكــون أكبر في حالة الطلاءات ذات الطحن الناعم ، والتي تعمل على تغيير التركيب الثابت للطلاءات .(4) ومن ناحية أخرى فإن الطلاء ذو الطحن الزائد يكون ذو فاعلية كيميائية كبيرة فإنــه يمكن أن يذيب كمية كبيرة من رمل السيليكا والألومينا في الجسم وبذلك تصبح لزوجة الطلاء غير عادية ويتزايد احتمال حدوث التجميع (3) .

1- Ref.1 Pp.78 2- Ref.19 Pp.86 3- Ref.15 Pp.80 4- Ref.3 Pp.26

3-3-حريق الجسم .

عـندما يكـون جسم البسكويت محروقاً حريقاً تحت مستوى النضج "under-fired" ، وعند تطبيق الطلاء عليه واستكمال الحريق ، يستمر الجسم في الانكماش معطياً معدلات تمدد غير متساوية مع الطلاء . (1)

كما أن هذا الجسم المحروق حريقاً منخفضاً يكون أكثر امتصاصا ، وبذلك فإن هذا الجسم لن يأخذ فقط طبقة أكثر سمكاً من الطلاء ولكن أيضاً جفاف تلك الطبقة من الطلاء سيكون سريعاً جـداً لدرجـة لا تسـمح لها بأن تكون مضغوطة جيداً على الجسم وتكون طبقة الطلاء سهلة الانفصال والتجميع .(2)

4-3-الدهون والأملاح على سطح الجسم .

إذا كـان الجسم البسكويت متربا أو دهني قليلاً أو كان متزججاً عندما تم تطبيق الطلاء عليه (1)فـإن ذلك يمنع الطلاء من تكوين ارتباط جيد مع الجسم ولذلك ينفصل عنه أثناء الحريق (3) ، مثل هذه الحالة يمكن أن تمر بدون ملاحظة لكون طبقة الطلاء على السطح ربما تبدو جـيدة التطبيق . وأثناء المراحل المبكرة للحريق عندما يبدأ الطلاء مرحلة التلبيد فإن الأماكن التـي يكـون فيها الاتصال غير جيد ، يتحرر عندها الطلاء ويتشقق وربما يعاود الانكماش والتكتل تاركاً مساحات خالية من الطلاء .(4)

والأملاح الموجودة في الماء المستخدم في مسح الآنية أو عند تشكيل الآنية على العجلة (5) و تـراكم هـذه الأمـلاح القابلـة للذوبـان في الماء على سطح الجسم يؤدي إلى التجميع . والطلاءات التي تحتوي على كمية كبيرة من الكاولين والتي تم طحنها طحناً ناعماً جداً يحدث لهـا تجمـيع ، نظراً لأن طبقة الطلاء تكون مضغوطة بشكل كبير مما يعرقل مرور الأملاح الذائبة من الجسم إلى سطح الطلاء ، وبالتالي فإن الأملاح الذائبة ترفع الطلاء المضغوط بعيداً عن الجسم مما يسبب التجميع أثناء الحريق .(3)

5-3- التطبيق .

التطبـيق السميك للطلاء يزيد من حدوث التجميع ، إذ أنه بدلاً من تشكيل عدد من التشققات الدقـيقة التي يمكن أن تختفي خلال الحريق ، تظهر تشققات كبيرة في طبقة الطلاء تؤدي إلى حـدوث التجميع بسهولة أكبر .(6) إذ أنه من الممكن أن يصبح معلق الطلاء أكثر سمكاً عن طـريق التبخـير أو خـلال عملية التطبيق مما يجعل طبقة الطلاء سميكة ويعرضها لحدوث التجميع .(7)

1- Ref.14 Pp.64 2- Ref.19 Pp.87 3- Ref.27 Pp.426 4- Ref.26 Pp.156
5- Ref.15 Pp.81 6- Ref.15 Pp.80 7- Ref.19 Pp.86

تطبيــق الطـــلاء على الآنية وهي في حالة جفاف غير مناسبة –وبخاصة في الآنية ذات الحـــريق الواحد (1) أو عندما يتم تطبيق الطلاء بالرش Spraying فإن رش طبقة مبللة بشـــكل مفـــرط علـــى طبقة أخرى تم تطبيقها سابقاً يسبب تحرر طبقة الطلاء مع احتمال تجمـــيع لاحق أثناء الحريق . وأحياناً يتجمع الطلاء على الآنية من الداخل ولا يتجمع من الخـــارج أو العكـــس . ويمكـــن أن يحدث ذلك عندما يتم تطبيق الطلاء على سطح الآنية الداخلي أولاً ثم يليه تطبيق طبقة مبللة من الطلاء على الآنية من الخارج ، فيتسرب الماء من خلال جدران الآنية من الخارج ويحرر طبقة الطلاء من الداخل مسبباً التجميع .(2)

6-3- انكماش طبقة الطلاء .

الســـبب الأساسي للتجميع هو الانكماش "Shrinkage" والتشقق "Cracking" في سطح طبقة الطـــلاء بعـــد التطبـــيق .(2) فإذا كان الطلاء له معدل انكماش كبير فإنه يتشقق بعد مرحلة التطبيق وأثناء مرحلة الجفاف .(3).

ويحدث ذلك عندما تحتوي خلطة الطلاء على نسبة كبيرة من الطينات وبخاصة طينة الكرة "ball clay" ، ومـــن الممكن أن يحدث هذا الانكماش أيضاً عند استخدام مواد خام ذات حجم حبيبي دقيق جداً في خلطة الطلاء .(4).

وهناك بعض خامات الطلاء التي يكون لها انكماش كبير وتسبب التجميع :–

ـــ الطينات	Clays
ـــ أكسيد الزنك	Zinc Oxide
ـــ كربونات المغنيسيوم	Magnesium Carbonate
ـــ الرصاص الأبيض	White Lead
ـــ الكوليمانيت	(5) Colimanite

الكمـــيات الكبـــيرة من المواد اللدنة التي تضاف لتحسين تشتت حبيبات معلق الطلاء مثل الكاوليـــن والطينات ذات الإنكماش الكبير تكون سبباً في التجميع. (3) والمواد المجففة أو المـــواد الـــرابطة مثل النشا، الصمغ العربي ، صمغ الكثيراء ، سيلوفاس "Celloface" ومركـــبات الكربوكسي ميثيل سيليلوز الأخرى ستزيد إنكماش الطلاء أثناء الجفاف مثلما تفعل الطينات المضافة أيضاً ، وخاصة اللدنة منها مثل طينة الكرة والبنتونيت(6).

1- Ref.15 Pp.81 2- Ref.26 Pp.156 3- Ref.27 Pp.425
4- Ref.18 Pp.27 5- Ref.26 Pp.157 6- Ref.15 Pp.80

وأكسيد الزنك يسبب انكماش الطلاء قبل الحريق ويعمل على سحبه وتجميعه أثناء الانصهار (1)
وقد درس رايزنج "Reising" التقلص الناتج عن وجود أكسيد الزنك وقد نسب هذا التجميع إلى تفاعل الأكسيد مع الماء مشكلاً هلام مثل هيدروكسيد الزنك . وهذا التفاعل يكون محدوداً علـــى سطح الحبيبات ولذا كثيراً ما يفضل استخدام أكسيد الزنك في صورة سابقة الصهر" "Fritted".(2)ويميل الطلاء للانفصال عن الجسم المطبق عليه ويصعب ملاحظة ذلك في مرحلة الجفاف ، وعند تمام الانصهار "Fusion" والذوبان "Melting" يكون الطلاء في حالـــة حـــركة ولا يلتصق بالجسم ولكنه يميل للانفصال عنه ، (3) ونتيجة لظاهرة التوتر الســطحي "Surface Tension" فإن الطلاء يتقلص أثناء الحريق ويترك مساحات غير مطلية على سطح الآنية ليشكل التجميع. (4)

3-7-الحريق وجو الفرن .

حـــريق الآنية التي لا تزال رطبة بماء تطبيق الطلاء ،وبخار الماء الذي يخرج من الجسم يـــرفع ويحـــرر الطلاء ، والطلاء الذي يتحرر مثل الطلاء فوق الغبار أو الدهون يتجمع عندما ينصهر ، وهذا التجميع يسمى بالرفع "Lifting" .(1)

وجـــود خامـــات ينـــتج عن حريقها غازات في الجسم أو الطلاء أثناء الحريق يؤدي إلى التجمـــيع . ولدراســـة أسباب تقلص الطلاء الطيني "Loam glaze" على أجسام الخزف الحجـــري فـــإن زاجونتز "Zajontz" قد قرر بأن التجميع ينتج من التفاعل بين كربونات الكالســـيوم ومحتوى الغازات الكبريتية في غازات المدخنة "flue gazes" . وهذا التفاعل يحرر ثاني أكسيد الكربون الذي يعرقل تجانس طبقة الطلاء قبل الحريق، وهذا يؤدي إلى تقلص الطلاء .(2)

ويرى أشياجان "Achajan" إن وجود الكبريت غير المتميئ "Sulfur anhydrate" في مســام الجســـم البورسليني المحروق بسكويت هو السبب الأساسي لتقلص الطلاء. وأثناء المـــراحل الأولى للحريق يكون الكبريت غير المتميئ والكربون الأسود والنواتج الراتنجية الأخرى ما زالت قادرة على اختراق الجسم مسببة تجميع الطلاء .(2)

3-8- الزخرفة تحت الطلاء .

يحدث التجميع أحياناً على الزخرفة تحت الطلاء وبخاصة مع أخضرات وروزات الكروم ، وأزرقـــات الكوبالـــت ، وبنيات المنجنيز .ويرجع ذلك إلى الجفاف أثناء الحريق بسبب نقص المصهرات اللازمة ،أو إلى زيادة الوسيط medium الذي يجعل السطح المزخرف

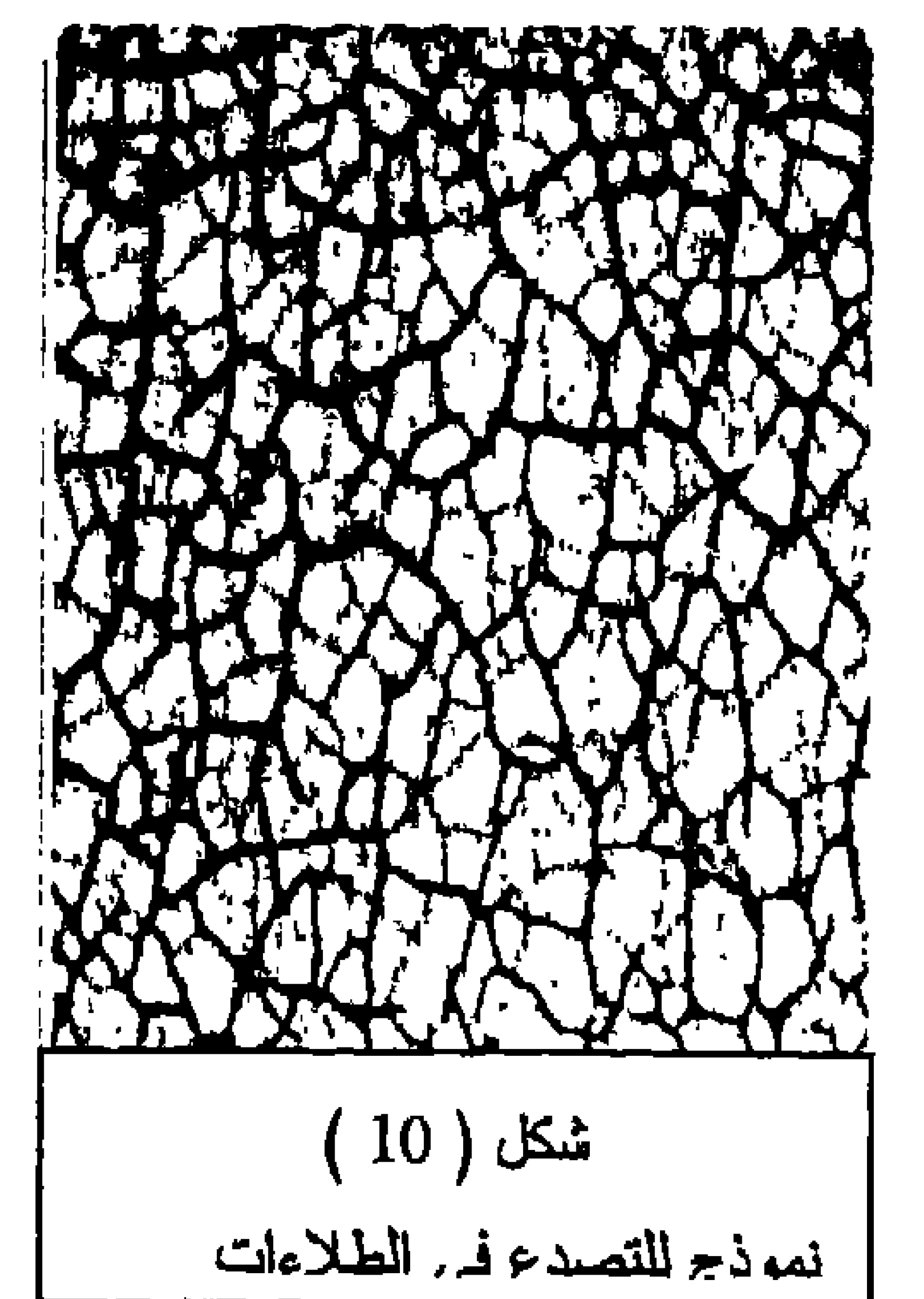
1- Ref .19 Pp .86 2- Ref .27 Pp .426 3- Ref .14 Pp .64 4- Ref .27 Pp .425

ددهنـــي جداً لدرجة أن الطلاء لا يلتصق به بشكل جيد . (1) وعندما يتم تطبيق اللون تحت الطـــلاء بشـــكل ســـميك فإنه يظل على الآنية مثل الغبار أو كطبقة حرارية تحت الطلاء ، ويواجه الطلاء المنصهر صعوبة في توزيع نفسه على السطح كله ، بطريقة تشبه الماء الذي لـــن ينتشر على طريق مترب ولكنه يتجمع في كريات صغيرة . (2) وعندما تكون الزخرفة جافـــة جـــداً لدرجـــة عدم ترطيبها بشكل جيد بالطلاء المنصهر تكون النتيجة هي التجميع . وهـــناك إختلاف هام بين ألوان تحت الطلاء المجهزة والأكاسيد المعدنية المستخدمة لتطبيق الزخـــرفة يجـــب مـــراعاته ، وهو أن تلك الألوان المجهزة تحتوي على من 5:50% مواد صهارة ، وهي التي تسمح بالإرتباط القوي بالآنية وتوفر ترطيب أفضل للسطح.(1)

التصدع "Crazing"

[1] ـــ تعريف:-

يحدث التصدع فى طبقة الطلاء الزجاجى عندما يكون هناك إختلاف فى معاملات التمدد بين الجسم والطلاء .(3) ويكون التصدع عبارة عن تكوين شبكة دقيقة من الشروخ "cracks" فى الطلاء الناضج.(4) ويكون نتيجة لإنكماش الجسم بدرجة أقل من الطلاء عند التبريد .(5) ونظـــراً لأن تركيـــب وخواص كلاً من الجسم والطلاء المطـــبق عليه تكون مختلفة ومتغيرة يكون من الطبيعى أن يتصـــرف كـــلا منهما بطريقة مختلفة عند التسخين والتبريد ، فإذا كان إنكماش الطلاء عند التبريد أكبر من إنكمـــاش الجســـم يـــؤدى ذلك إلى وجود توتر فى طبقة الطلاء الزجاجى ينتج عنه ظهور تصدعات مختلفة ،(6) ويتشقق الطلاء إذا لم يكن قادراً على تحمل هذا التوتر الذى يقع عليه .



شكل (10)
نموذج للتصدع فى الطلاءات

ويظـــل الإجهـــاد موجـــوداً بين الجسم والطلاء ولا يسكن إلا بظهور التصدعات اللاحقة في المساحات الموجودة بين التشققات الأولى .وقد سميت التشققات الأولى بالتصدع الأولي "Primary Crazing". وإمتلاء المساحات الموجودة بين التصدع الأولي بمساحات أصغر

1- Ref .15 Pp .81 2- Ref .26 Pp .157 3- Ref .25 Pp .203
4- Ref .26 Pp .153 5- Ref .11 Pp .73 6- Ref .14 Pp .64

علـــى هيــئة عــدد مــن المربعات و/أو المثلثات قد سُمى بالتصدع الثانوي "Secondary crazing" . وعادة ما تكون التشققات الأولى فردية وطويلة وغالباً ما تتصاعد على الأسطح الرأسية أو تكون مستمرة على الأسطح الأفقية. وبفحص التشققات الأولى بعد ظهور التصدع الثانوي نجدها تتقارب بشكل كبير .(1)

وكلما كانت شبكة التصدعات أكثر تشابكاً وانتشارا كلما كان الاختلاف في معاملات التمدد الحراري بين الجسم والطلاء كبيراً .(2)

ميكانيكية التصدع:-

أثناء مرحلة توهج حريق "glost firing" تسوية الطلاء الزجاجي يتكون بين حبيبات الجسم الطيني نسبة كبيرة من المادة الزجاجية وينصهر الطلاء إلى سائل في صورة سيليكات منصهرة تنتشر على السطح وفى هذه المرحلة بالرغم من أن الطلاء لابد أن يكتمل بالتبريد والتصلد "solidifying" ، يكون الجسم الطيني تقريباً في صورته النهائية فيما عدا فقدان الحرارة فهو لا يتغير كثيراً أثناء تبريد الفرن في مرحلة حريق الطلاء الزجاجي وبعد أن يتصلد الطلاءْ ، كلاً من الجسم الطيني والطلاء يبدأ في الانكماش أثناء التبريد. وطالما أن هذا الانكماش متماثل لا ينشأ إجهاد "strain" بين الجسم والطلاء، ولكن إذا أنكمش الطلاء أكثر من الجسم يكون في وضع توتر "tension" ولابد أن يتشقق crack أو يتصدع craze. (3)

[2] – نوعية الأجسام التى تناسب ظهور التصدع.

– في أجسام الخزف الأرضي المسامية يكون الانكماش للجسم والطلاء بدرجات متفاوتة (مختلفة) تبعاً لمعامل التمدد الحراري لكل منهما . وتميل الطلاءات أيضا إلى التصدع على الأجسام المتزججة "Vitreous" مثل البورسلين.(4) ويصبح التصدع أقل حدوثا في حالة الخزف الأرضي كلما كانت درجة حرارة الحريق أعلى.(5)

– استخدام الجسم ذو التمدد المنخفض سيسبب تصدع الطلاءات العادية . فعند حريق الخزف الحجري والبورسلين والراكو في درجات حرارة الخزف الأرضي يمكن أن يحدث التصدع للطلاءات المطبقة عليها. (6)

– الأجسام الغنية بالفلدسبار أو المادة الطينية أو الصخور الطينية "argillaceous" تكون عرضه للتصدع . في الأجسام المسامية ذات المحتوى العالي من الفلدسبار تزيد درجة حدوث التصدع، فأثناء عملية الانصهار يتفاعل الفلدسبار مع السيليكا الحرة فتقل كميتها مما يقوى حدوث التصدع وذلك لاختلاف معامل التمدد لأنواع السيليكا والسيليكات.(7)

1- Ref.19 Pp.87 2- Ref.27 Pp.421 3- Ref.26 Pp.154 4- Ref.25 Pp.203
5- Ref.27 Pp.422 6- Ref.15 Pp.76 7- Ref.27 Pp.423

ـ الأجسام التى تحتوى على أقل من 15 % فلنت من المتوقع أن تتلائم بصعوبة مع الطلاءات، كما أن الأجسام التى تحتوى على أكثر من 25 % فلنت سيكون من الصعب حريقها بدون أن تتعرض لإجهاد الحريق "dunting" أو التشقق "cracking"- نظراً لبلورة السيليكا في صورة الكريستوباليت- .(1)

[3] ـ الأسباب التى تؤدى إلى حدوث التصدع في الطلاء:-

3-1- معامل التمدد الحراري "Thermal Expansion Co-efficient"

3-2- مطاطية الطلاء "Elasticity"

3-3- الإجهاد التوتري "Tensile Stress"

3-4- طبقة الاتصال بين الجسم والطلاء "Buffer Layer"

3-5- سمك طبقة الطلاء

3-6- الحريق

3-7- نظام التبريد

3-8- الصدمة الحرارية

3-9- تمدد الرطوبة

3-10- ظروف الاستخدام

3-11- إضافة الأكاسيد المعدنية للطلاء

3-1- معامل التمدد الحراري:-

معظم المواد الصلبة تتمدد بالتسخين وتنكمش بالبرودة وهذه قاعدة عامة ويصاحب هذا التسخين زيادة في الحجم حتى ولو كان الارتفاع في درجة الحرارة بسيطاً ، وكلما زاد التمدد بالتسخين قابله انكماش كبير بالتبريد . والقيمة التى تعبر عن هذه الزيادة النسبية في المواد الصلبة للتمدد والانكماش عند التسخين والتبريد تسمى معاملات التمدد. (2) وعادة ما يكون سبب التصدع هو وجود معامل تمدد عالي ، وبالتالي انكماش ، في الطلاء نسبة إلى التمدد في الجسم .

والقائمة التالية تعطي معاملات التمدد الحراري للأكاسيد التى تستخدم بشكل عام في الطلاءات الزجاجية السيراميكية:- (3)

1- Ref.26 Pp. 155 2- Ref.26 Pp. 154 3- Ref. 5 Pp.163

AlF_3	4.4	
AS_2O_5	2.0	
B2O3	0.1	
BaO	3.0	(4.2.5.2)
BaO	4.7	
CaO	5.0	(5.89)
CaF_2	2.5	
CaO	4.4	
C_2O_3	5.1	
CuO	2.2	
Fe_2O_3	4.0	
K_2O	8.5	
MgO	0.1	(1.36)
MaO	2.2	
Na_2O	10.0	(12.96)
NaF	7.4	
NiO	4.0	
P_2O_5	2.0	
PbO	3.0	
SiO_2	0.8	(0.15)
SnO_2	2.0	
TiO_2	4.1	
ZnO	1.8	
ZrO_2	2.1	(0.69)

ومن هذه القائمة سنرى أن الأكاسيد تختلف بشكل كبير في تمددها بالحرارة ، فالسيليكا تتمدد أقل من أكسيد الصوديوم بمقدار كبير. والطين مكون من الألومينا والسيليكا، وله تمدد متوسط ، ولكن بعض الطلاءات وبخاصة للطلاءات ذات الصودا العالية لها تمدد عالي ويجب مراعاة ذلك عند إضافتها لتراكيب الطلاءات الزجاجية.(1)

أما إذا كان التصدع مرغوباً فيه ، يتم زيادة واحد أو أكثر من أكاسيد التمدد العالي مثل الصوديوم والبوتاسيوم في الطلاء. التصدع الواسع يعنى توافق قريب بين الجسم والطلاء ، التصدع الضيق يعنى توافق بعيد بين الجسم والطلاء. (2)

وفيما يتعلق بطلاء خالي من التصدع ، فإن أقصى اختلاف آمن في معاملات التمدد الحراري يعتمد على درجة حرارة حريق التوهج "glost firing" .

– في مدى حراري (1140 °م – 1180 °م) معامل التمدد الحراري للطلاء ويكون من 10:5% أعلى من معامل التمدد الحراري للجسم.

1- Ref.26 Pp.156　　2- Ref. 25 Pp. 203

ـ وفي مدى حراري (980 °م – 1000 °م) معامل التمدد الحراري للطلاء يكون من 25:15 % أقل من معامل التمدد الحراري للجسم. (1)

وجدير بالذكر أن التمدد الحراري للجسم الخزفي يعتمد على كمية السيليكا الحرة التى يحتويها وأيضاً على المعالجة الحرارية التى تتلقاها. (2)

3-2- مطاطية الطلاء "Elasticity"

ـ مطاطية الطلاء هى أحد العوامل التى تؤثر على التصدع. (وهى تعنى توافق انتشار جزئيات الطلاء الزجاجي المنصهر بين حبيبات الجسم الطيني تبعاً لمعدل الارتفاع في درجة الحرارة) . وعندما يكون الجسم والطلاء لهما نفس معاملات التمدد الحرارية T.E.C.، فإن نقص مطاطية الطلاء يؤدى إلى التصدع ، وعلى العكس ، فعادة ما تكون الطلاءات ذات المطاطية العالية قادرة على مقاومة التصدع بالرغم من وجود اختلاف في نسب معاملات التمدد الحراري.

ـ وتعتمـد مطـاطية الطلاء ومعامل التمدد الحراري لـه على التركيب ، فإضافة أكسيد البورون Boric oxide يحسن المطاطية، والأكاسيد القلوية ترفع معامل التمدد الحراري، بينما زيادة محتوى الألومينا والسيليكا تقلل معامل التمدد الحراري وتمنع التصدع.

كما أن الطلاءات المعتمة التى تحتوى على أكسيد القصدير كمادة عتامة تتصدع عند تطبيقها على أجسام الخزف الأرضي وذلك مقارنة بالطلاءات الشفافة والتى لها نفس التركيب ولكن بدون أكسيد القصدير ولم يحدث بها تصدع ويرجع ذلك إلى مسألة المطاطية "elasticity" (1). ولا يحدث التصدع مباشرة إذا كان الطلاء مطاطي بقدر كافي لدرجة التكيف مع الإجهاد الحادث ويظل الطلاء واقعاً تحت الإجهاد حتى يتصدع بعد ذلك عند وجود أي إجهاد إضافي، ففي حالة الخزف الأرضي "earthenware" الإجهاد الناشئ عن ما يسمى بتمدد الرطوبة "Moisture expansion" يسبب التصدع .

3-3- الإجهاد التوتري "Tensile Stress":-

يعتبر الإجهاد التوتري هو سبب مباشر لتصدع طبقة الطلاء الزجاجي أثناء الحريق،(3) وعندما تكون الطلاءات منصهرة ومنتشرة على الآنية التى ما زالت متوهجة في الفرن يكون هناك توافقاً بين الجسم وطبقة الطلاء.(4)

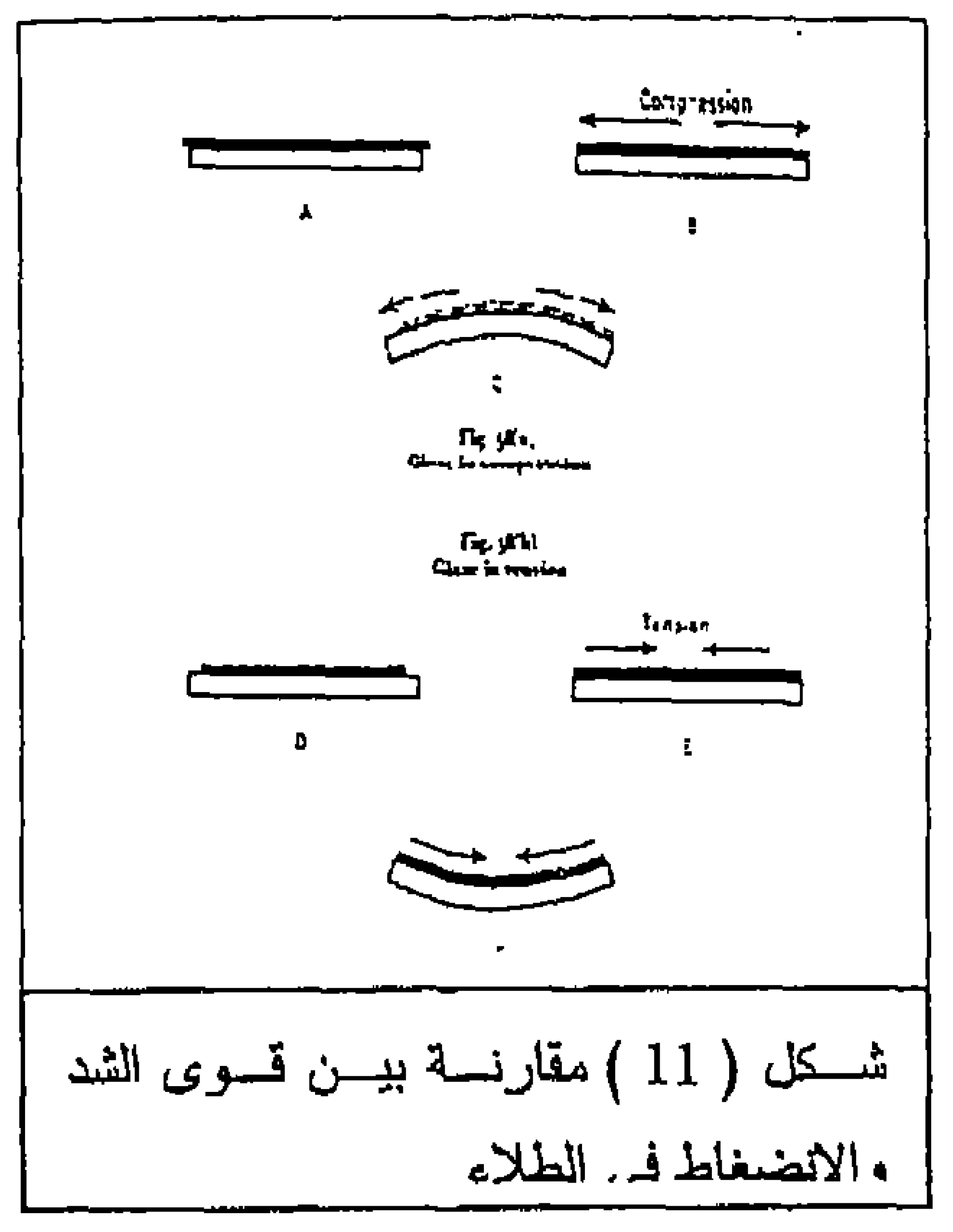
وأثنـاء التبريـد عنـدما يكـون معـامل التمـدد الحراري T.E.C. "Thermal Expansion Coefficient" للجسم أقل من معامل التمدد الحراري للطلاء،

1- Ref.27 Pp .424 2- Ref.15 Pp .74 3- Ref.27 Pp .421 4- Ref. 26 Pp .153

ينكمش الطلاء أكثر من الجسم وينشأ توتر"tension" بين الجسم والطلاء ، فى هذه المرحلة يبدأ الجسم فى الإنتفاخ ويكون الطلاء خاضع لإجهاد توترى. إذا كان الإختلاف فى معامل التمدد الحرارى كبير جداً يتصدع الطلاء ،

وإذا كان الإجهاد ليس قوياً بدرجة كافية حتى يسبب التصدع مباشرة بعد الحريق ، فإن تأثيرات خارجية لاحقة يمكن أن تؤدى إلى التصدع بأى شكل .(1)

والطلاءات يمكنها مقاومة الإنضغاط أكثر من مقاومتها للتوتر . وبعبارة أخرى فإن الطلاءات تقاوم كونها مضغوطة بسهولة أكثر من مقاومتها لنفس القوة التى تعمل على سحبها إلى أجزاء أى قوى التوتر. (2)



شكل (11) مقارنة بين قوى الشد والانضغاط فى الطلاء

4-3 – طبقة الاتصال بين الجسم والطلاء "Buffer Layer".

تؤثر طبقة الاتصال بين الجسم والطلاء على حدوث التصدع ، فالإنفصال الفردى للأكاسيد من الطلاء إلى الجسم والعكس يؤدى إلى تشكيل طبقة متوسطة ذات تركيب كيميائى معدنى "Chemico-mineralogical" ولها معامل تمدد حرارى T.E.C. يقع بين معامل التمدد الحرارى للجسم ، ومعامل التمدد الحرارى للطلاء . هذه الطبقة هى التى تمتص الإجهادات الناتجة.

وتشكيل طبقة الإتصال لا يعتمد فقط على التركيب الكيميائى للجسم والطلاء ولكنه يعتمد أيضا على مدى وطريقة المعالجة الحرارية . وقد وجد أن إضافة أكسيد المغنسيوم إلى الطلاءات الفلدسبارية البيضاء يقوى تشكيل طبقة الإتصال ويقاوم التصدع. (3)

5-3– سمك طبقة الطلاء.

كلما كانت طبقة الطلاء الزجاجى أرق كلما كانت مقاومة التصدع أفضل وزيادة سمك طبقة التزجيج من أكثر الأسباب شيوعاً للتصدع . فنجد أن الطلاءات التى قد أظهرت مقاومة جيدة للتصدع على الجسم الذى طبقت عليه يمكن أن تتصدع على نفس الجسم إذا كان التطبيق

1- Ref .27 Pp .421 2- Ref .15 Pp .73 3- Ref .27 Pp .423

سميكاً جدا ، وبشكل مشابه ، فإن الطلاءات ذات التمدد العالي نسبياً يمكن منعها من التصدع إذا تم تطبيقها تطبيقاً رقيقاً . والطلاءات الملحية والتى يكون لها تمدد حراري عالي نسبياً، نجد أنها تتصدع بسهولة إذا زاد الترسيب بقدر كبير عن السمك الطبيعي لطبقة الطلاء في حالة التطبيق بطريقة التغطيس على سبيل المثال. (1)

<u>6-3 - الحـــــريق.</u>

تتصـــدع الطلاءات غالباً إذا لم تصل إلى درجة حرارة النضج أو تم حريقها حريقاً منخفضاً "under – fired" وذلك لأن الطبقة التى تتشكل من الجسم والطلاء طبقة الاتصال "buffer layer" تكون غير كافية وهذه الطبقة هى التى تمتص الإجهاد بين الجسم والطلاء. (2)

كما أن درجة حرارة الحريق المنخفضة، والوقت القصير للحريق يقوى حدوث التصدع عن طريق إعطاء الجسم معامل تمدد حراري .T.E.C منخفض نسبياً. (3)

وأيضاً فإن الحريق العالي للأجسام التى لا يوجد بها بللورات "non-cristobalite" يمكن أن يكون سبباً للتصدع نتيجة لانصهار بللورات السيليكا الحرة. (4)

واستخدام جسم بسكويت ذو حريق منخفض"under-fired" يسبب التصدع أيضاً.(2) ويحدث التصدع في الطلاءات إذا تم حريقها حريقاً عالياً "over-fired" لأن الحريق العالي يؤثر على الجسم أكثر من تأثيره على الطلاء ، وغالباً ما يكون ذلك في الخزف الحجري " Stoneware" لأن الجسم والطلاء ينضجا سوياً ونظراً لأن السيليكا المتبللرة في الجسم قد أصبحت سيليكا منصهرة يكون لها معدل انكماش أقل كثيراً بينما الطلاء ما زال له نفس معدل الانكماش ولكنه بشكل نسبى ينكمش أكثر إذا كان الحريق عالي over–fired منه إذا تم الحريق عند درجة حرارة النضج الصحيحة. (4)

<u>7-3 – نظام التبريد.</u>

ــ يحدث التصدع بسبب نظام التبريد غير المناسب والتصدعات التى تحدث أثناء التبريد تكون متناهية الصغر ويمكن ملاحظتها بصعوبة بالعين المجردة وغالباً ما تظهر على المنتجات الكثيفة التى تحتوى على كميات كبيرة من الكوارتز الحر، لأن التحولات البللورية Polymorphous العكسية التى تحدث للكوارتز أثناء التبريد تؤدى إلى حدوث نسبة كبيرة من الانكماش.(5)

ــ وفى بعض الحالات يحدث التصدع أثناء مرحلة التبريد نتيجة للتطبيق السميك للطلاء وتطبيق نظام التبريد السريع .

1- Ref.15 Pp.78 2- Ref.19 Pp.87 3- Ref.27 Pp.421
4- Ref.19 Pp.88 5- Ref.27 Pp.424

نظراً لأن التبريد دائماً يعرض الطلاء لقدر معتدل من الإجهاد الضاغط "compressive stress" ولهذا تكون الطلاءات السميكة عرضه للتصدع ، بينما الطلاءات ذات السمك المتوسط على جسم بسكويت محروق جيداً لا تتصدع. (1)

3-8- الصدمة الحرارية.

ـ منطقياً لا يتم فتح باب الفرن حتى يكون حمل الأواني في نفس درجة حرارة الغرفة تقريباً. ولكن نفاذ الصبر أو الفضول أو متطلبات العمل تؤدى إلى فتح باب الفرن قبل ذلك مما يعرض الأواني للتشقق .وإذا تم فتح باب الفرن وكانت درجة حرارة الآنية فوق 100°م سيؤدى ذلك إلى صدمة حرارية في الآنية أكبر من الصدمة التى تحدث عند استقبال الماء المغلي أو أي تغييرات مفاجئة أخرى في درجة الحرارة .(2) وبعبارة أخرى فإن التبريد المفاجئ لسطح الأواني الساخنة يحدث تشققات في الطلاء أكثر من حدوث ذلك مع التسخين المفاجئ. (3)

وبكل تأكيد لا يجب فتح باب الفرن (بالأستوديو) أو سحب عربات الأواني من الفرن النفقي أو فرن الشحن (بالمصنع) بينما تكون درجة حرارة الآنية أعلى من 200 °م لأن ذلك يؤدى إلى مخاطر التشوه بسبب التغيرات الحجمية في انعكاسات البللورات.

ـ ويصعب قياس درجة الحرارة الدقيقة للآنية بسبب التأثيرات الحرارية لأثاث الفرن. وعند فتح باب الفرن نسمع أزيزاً من حمل الأواني ويعتبر ذلك إشارة أكيدة لتأثير الصدمة الحرارية. (2)

3-9- تمدد الرطوبة.

ـ عند إختيار طلاء له معامل تمدد حراري يتوافق مع معامل التمدد الحراري للجسم لا نحصل بشكل مؤكد على طلاء خالي من التصدع ، نظراً لأن الأجسام المسامية مثل الخزف الأرضي تتمدد نتيجة لامتصاص الرطوبة وبالتالي يكون التمدد الحقيقي في الجسم مختلفاً عنه في الطلاء . فعندما تتعرض الأجسام المسامية لهواء رطب يمكن أن تتمدد في درجة حرارة الغرفة. (1)

ـ وعندما تتمدد تلك الأجسام بشكل مستمر فإن الطلاء لا يتمدد ولكنه يتصدع ليلائم الشد الذي وقع عليه وذلك يؤدى إلى التصدع على منتجات الخزف الأرضي والأجسام المسامية الأخرى. (4) وبالمقارنة بالتمدد الحراري فإن التغير في الحجم في هذه الحالة ينسب إلى الانتفاخ الداخلي "Internal swelling" وتحت تأثير التمدد الرطب، فإن التوترات الناتجة عن توهج الحريق تتحول تدريجياً إلى إجهادات شد تقوى حدوث التصدع إذا تجاوزت حد مطاطية الطلاء. (1)

1- Ref.27 Pp.422 2- Ref.15 Pp.79 3- Ref.15 Pp.73 4- Ref. 19 Pp.87

3-10- ظروف الاستخدام.

ـ يمكن أن يحدث التصدع أثناء التبريد ولكن معظم الطلاءات تأتى من الفرن خالية من التصدع وتظل الإجهادات التى ستسبب التصدع موجودة ويقلل من وجودها مطاطية الطلاء وقوته . والأواني الاستخدامية مثل أدوات المائدة وأواني الفرن تتعرض لإجهاد حراري بشكل مستمر وتصبح تلك الإجهادات مبالغاً فيها بسبب التمدد والانكماش من كثرة وطول فترة الاستخدام مما يعرض طبقة الطلاء الزجاجي للتصدع. ويستغرق ذلك مده طويلة حتى يظهر ربما تصل إلى سنوات عديدة نظراً للتسخين والتبريد الذي يتعرض له الجسم والطلاء معاً بشكل غير منتظم. (1)

3-11- إضافة الأكاسيد المعدنية للطلاء.

ـ إضافة الأكاسيد المعدنية للطلاء مثل أكسيد النحاس، أكسيد الحديد، ثاني أكسيد المنجنيز سوف تزيد من تمدده الحراري. على سبيل المثال فإن الطلاءات العسلي الملونة باستخدام أكسيد الحديد تكون مقاومتها للتصدع أقل من قواعد الطلاءات التى تنتج بدون إضافة أكسيد الحديد لها.

ـ وإضافة صبغات الطلاء المجهزة stains يمكن أن يكون لها تأثير مشابه نظراً لأنها تكون عبارة عن مزيجاً من الصبغات المعدنية سابقة الصهر "frit".

وحتى نعوض ذلك فمن الضروري إما الحريق الأعلى أو فترة تثبت أطول (فيما عدا البورسلين) أو أن نجعل الطلاء أكثر مقاومة للتصدع بدمج الفلنت أو الكوارتز أو طلاء سابق الصهر فنخفض التمدد أو أن نجعل طبقة الطلاء أقل سمكاً إذا كان ذلك ممكناً (نظراً لأن درجة اللون ستتأثر) (2)

السيليكا ودرجة التصدع:-

تقوم الخامات بدور مهم في إحداث التصدع في طبقة الطلاء الزجاجي بصورة كبيرة أو صغيرة أو في مقاومته ، وذلك تبعاً للاختلافات الناتجة عن معاملات التمدد بين الخامات المكونة للجسم والخامات الداخلة في تكوين طبقة الطلاء الزجاجي.

وفيما يلي نوضح أهمية السيليكا كواحدة من أهم مكونات الطلاءات الزجاجية والدور الذي تقوم به في الجسم والطلاء:-

السيليكا:-

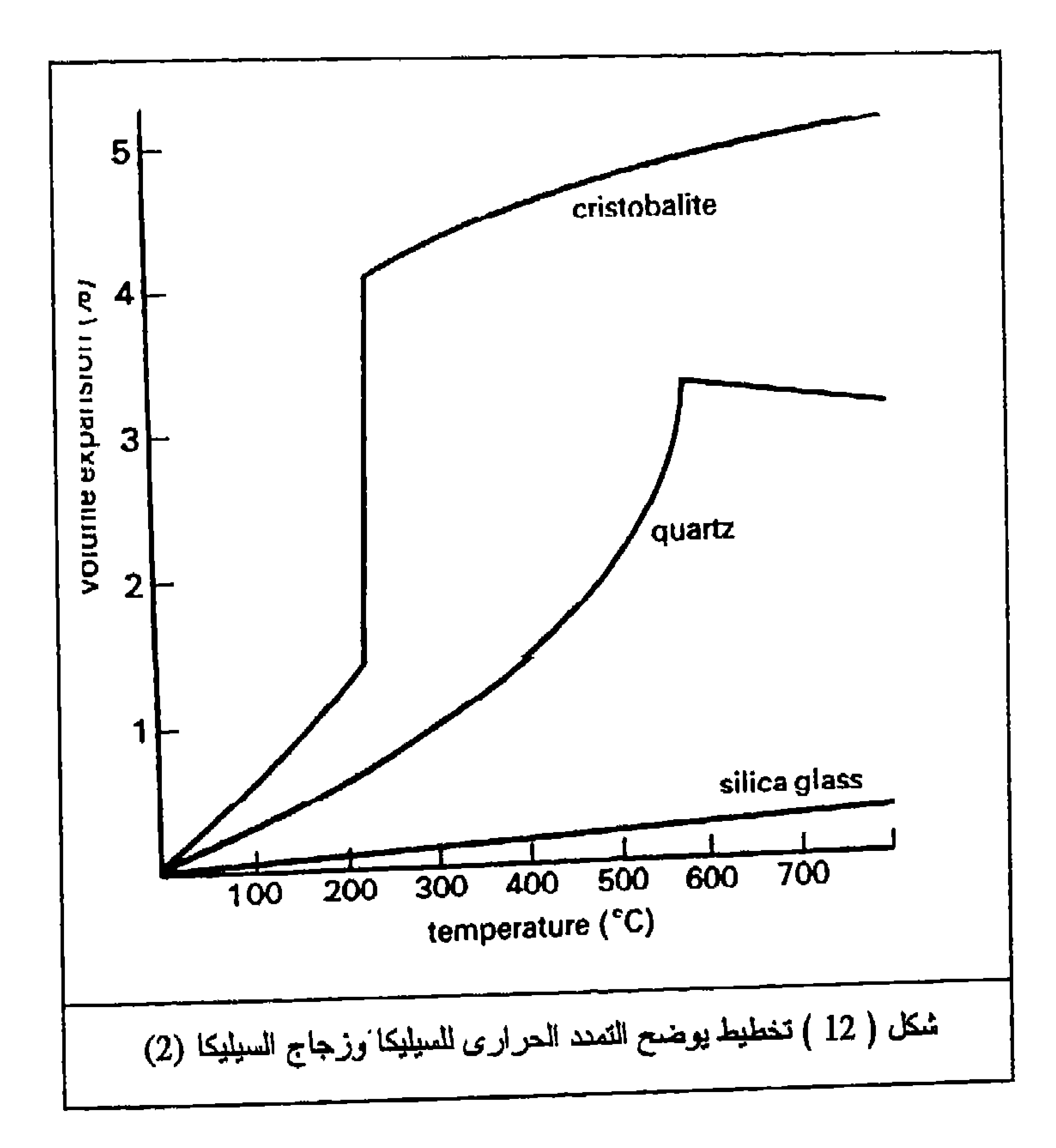
تظهر السيليكا بوفره في الصخور البركانية وبالتالي في الطينة (لأن الطين ينتج من تحلل الصخور البركانية والجرانيتية) وفى الحجر الرملي والفلنت. ولذلك فإن كل الطينات الخزفية تحتوى على

1- Ref.19 Pp.87   2- Ref.15 Pp.79

السيليكا إما متحدة مع معادن الطينة أو فى شكل حر، أو موجودة مباشرة على هيئة مكلسة وترسيبات لحصوات الفلنت أو ترسيبات لرمل السيليكا.

وتوجد السيليكا فى أشكال بللورية مختلفة والشكل الذى يحدث طبيعياً هو الكوارتز ولكن أثناء الحريق فإن بعضاً منه يتحول إلى التريديميت"Tridymite" والكريستوباليت "Cristobalite" وكلها ذات تركيب متماثل "SiO_2". ويكمن الإختلاف بين تلك الصور فى طريقة تشابك رباعيات السيليكون SiO_4 فى التركيب المتشابك، ومن الجدير بالذكر أنه أثناء التسخين يكون هناك تحول مستمر من طور الكوارتز إلى التريديميت أكثر (كوارتز أقل) بعد الحريق منه عند بداية الحريق. (1)

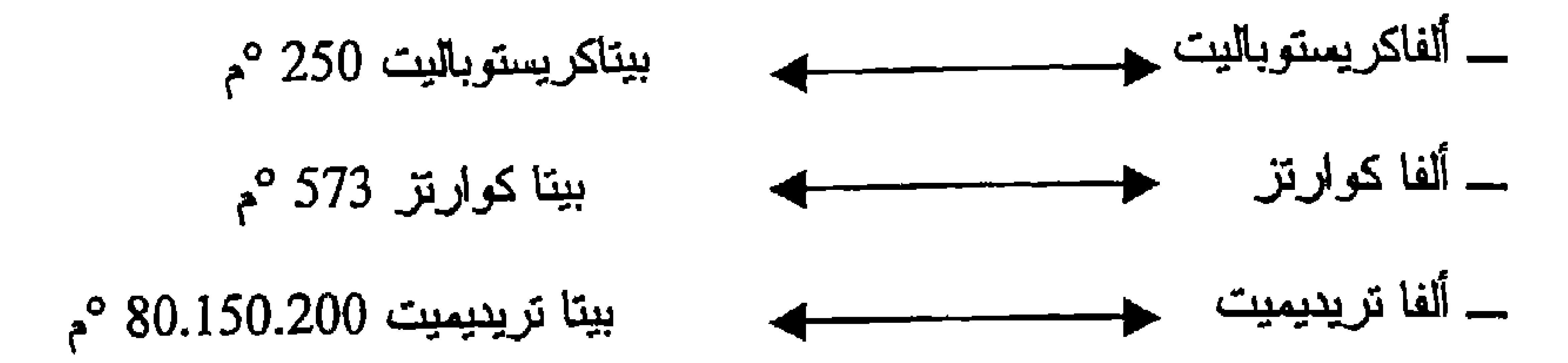
بالإضافة إلى ذلك هناك تحول من كل نوع إلى نوع فرعى آخر، هذا التحول يكون مترافقاً مع التعديل فى النظام الشبكى لبعض المرحل أثناء دوره التسخين حتى أنه يسبب تمدد مفاجىء للبللورات والذى ينعكس عند التبريد.



شكل (12) تخطيط يوضح التمدد الحرارى للسيليكا وزجاج السيليكا (2)

1- Ref .15 Pp .74   2- Ref .19 Pp .297

هذه التعديلات الهامة كما يلي:-



هذه التغيرات من ألفا إلى بيتا أثناء الحريق والانعكاس السريع إلى شكل ألفا أثناء التبريد، يعرف بانعكاسات السيليكا.

وفي الجسم الخزفي يبدأ التحول من بيتا كوارتز إلى كريستوباليت فوق 1000°م ولكنه يكون بطيء جداً إلى أن يحدث تحول بنسبة مئوية صغيرة ، وعلى أي حال فعندما ترتفع درجة الحرارة وأيضا كنتيجة لفعل العامل المساعد، فإن التحول يستمر مع السرعة المتزايدة حتى فوق 1200 °م ويكون التحول إلى طور بيتا كريستوباليت هام جداً. (1)

وتغيرات هذا الطور تعتمد على الوقت حتى أنه مع دورات الحريق الطويلة أو التثبيت للفرن ستنتج تحولات أكثر منها في دورة الحريق السريع. وبالتالي فإن تكوين الكريستوباليت في الجسم الخزفي يكون بسبب الحريق العالي وهذه التحولات تحدث ببطيء وتعتمد على وقت الحريق. (2) وكلما كانت كمية الكريستوباليت التى تشكلت أكبر كلما سيكون التمدد الحراري (والانكماش الحراري) للجسم أكبر وبالتالي كلما ستكون مقاومة التصدع أكبر.

أثناء التبريد بعد حريق الطلاء يصبح الطلاء أكثر لزوجة بشكل متصاعد حتى يصبح في النهاية صلب تقريباً.

- بالنسبة للطلاءات ذات درجة الحرارة المنخفضة أو طلاءات الخزف الأرضي يحدث ذلك عند حوالي 550 – 700 °م .
- وبالنسبة للطلاءات ذات درجة الحرارة العالية يحدث ذلك عند حوالي 650 – 850 ° م وأعلى من هذا المدى فإن أي إجهاد ينشأ من اختلاف الانكماش في السطح البيني للجسم والطلاء سيتحرر بالتدفق اللزج للطلاء ، ولكن تحت هذا المدى يعتبر الطلاء صلب جداً لدرجة أنه لا يُعدل.

وإذا كان الجسم الخزفي مركب بشكل صحيح وتلقى الحرارة الكافية فإن الانكماش المفاجئ بسبب انعكاسات الكوارتز والكريستوباليت عند 573 ، 250 °م على التوالي، سينتج في إجهاد ضاغط يقع على الطلاء ويظل هذا الضغط في الطلاء عندما تؤخذ الآنية من الفرن. (2)

1- Ref.15 Pp.74 2- Ref.15 Pp.75

في حالة الخزف الأرضي فإن محتوى الجسم من السيليكا الحرة يجب أن يكون عالي حتى يتمكن من عمل التحولات الكافية واللازمة لإنتاج الكمية المطلوبة من الكريستوباليت عندما يحرق إلى مدى درجات الحرارة الخاصة بهذا الجسم.

أما مع الأجسام ذات الحريق العالي مثل الخزف الحجري فإنه يلزم سيليكا حرة أقل كثيراً نظراً لأن معدل التحول يكون أسرع كثيراً ويمكن أن يتشكل الكريستوباليت الكافي من محتوى أقل من السيليكا الحرة. ونجد أن العديد من الطينات الموجودة في الطبيعة تحتوى على السيليكا الحرة الكافية حتى تنجز التحولات الكافية عند درجات الحرارة العالية وهكذا فإن الإضافة المباشرة من السيليكا الحرة إلى أجسام الخزف الحجري عادة لا تكون ضرورية. وعلى أي حال، فإن طبقة التفاعل في الخزف الحجري تكون قوية جداً عنها في الخزف الأرضي ويكون احتمال التصدع أقل لأن الاندماج مع سطح الجسم يكون أفضل. (1)

ويمكننا هنا توضيح بعض الحقائق الهامة الأخرى:-

ـ حجـم الحبيـبات هام جداً ، فالسيليكا الناعمة تتحول بسهولة أكثر من السيليكا الخشنة. ويفضـل اسـتخدام الفلنـت بدلاً من الكوارتز كمصدر للسيليكا الحرة في أجسام الخزف الأرضـي نظـراً لأن معـدل تحوله يكون أفضل كثيراً بسبب دقة حجم حبيباته واحتوائه الطبيعـي علـى كمية قليلة من $CaCO_3$ كربونات الكالسيوم (5%) والتى تقوم بدور الوسيط الكيميائي في تحفيز التحول .(1)

ـ السـيليكا ذات معـامل تمدد منخفض بالنسبة لكل خامات الطلاء وإضافتها إلى الجسم الطينـي تـزيد معـامل تمدده أما إضافتها إلى الطلاء فهى تقلل التمدد نسبياً مع الأكاسيد الأخرى للطلاء. (2) ونظراً لذوبانها في مصهور الطلاء فإن معدل انكماشها ينخفض أما فـي الجسـم فإنهـا تمـيل لأن تظل في الشكل البللورى وفى هذا الشكل يكون لها معدل انكماش عالي. (3)

ـ أثناء دورة التسخين والتبريد، السيليكا المتبلرة "Crystalline silica" في الجسم تكون لها خواص تختلف تماماً عن السيليكا المنصهرة "Fused silica" في الطلاء.

وخاصية السيليكا الموجودة في الجسم والتى تتحكم في التصدع هى تحول الشكل البللورى لها من ألفا كوارتز إلى بيتا كوارتز عنـد درجة حرارة (573 °م) ، هذا التحول البللورى يكون مصحوباً بزيادة خفيفة في الحجم، وهى التى تسمح بالتحول الانعكاسي لتلك السيليكا التى تتمدد عند التسخين إلى درجة حرارة أعلى من 573 °م والتى سوف تنكمش عند التبريد إلى حجمها الأصلي .(4)

1- Ref.15 Pp.75 2- Ref.25 Pp.203 3- Ref.19 Pp.88 4- Ref. 26 Pp.155

والأشكال المختلفة Polymorphous للسيليكا الموجودة في الجسم عند درجة 573 °م تستلزم درجة تمدد حجمي معين وبالرغم من أن التغير في الحجم يمكن أن يكون بسيطاً ولكن يكفى حتى يتلاءم الجسم والطلاء بشكل أفضل.(1)
وإذا زادت كمية السيليكا في الجسم فسوف يحدث التصدع أثناء التبريد حتى إذا تم التبريد بشكل تدريجي. ويرجع ذلك إلى التغيير الكبير في الحجم .(2)

خامات تقاوم ظهور التصدع:-

ـ المواد الصهارة لها دور أساسي في مقاومة التصدع حيث أن أكسيد الرصاص و/أو أكسيد البورون يزيد من مرونة الطلاء ومقاومة التصدع وذلك تبعاً لنسبته في تركيبة الطلاء الزجاجي. كما أن أكسيد البورون له معدل انكماش منخفض كبير وكمية في حدود 15 % تقريباً في الطلاء سيكون لها تأثير مقاوم للتصدع. وإضافة كمية أكثر من 15 % من أكسيد البورون ربما تؤدى إلى تأثير معاكس (أي تؤدى إلى التصدع) لأن مقاومة الطلاء للتصدع تقل عند إضافة كميات كبيرة من أكسيد البورون ويطلق على هذا التأثير بوراسيتز "Boracitis".(3)

ـ الكميات الصغيرة من أكسيد التيتانيوم تقاوم ظهور التصدع.(4)

ـ إضافة أكسيد الكالسيوم في صورة الحجر الجيري"Whiting" أو مركبات أخرى من مركبات الكالسيوم إلى الجسم يزيد معامل التمدد الحراري وتقاوم التصدع.(5)

ـ المواد المحفزة بالجسم الخزفي والتى تسرع عملية التحول في السيليكا من صورة بللورية إلى صورة أخرى تعتبر هامة جداً. والكالسيوم والمغنيسيوم من أكثر المواد المحفزة أهمية ويمكن تواجدهما في الجسم على هيئة تلك (سيليكات المغنيسيوم) ودولوميت (كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم) وحجر جيري (كربونات الكالسيوم) وهى تعطى مقاومة أفضل للتصدع.

ـ وجود أكسيد الحديد في الجسم الخزفي له تأثير مباشر على التمدد الحراري والانكماش. فإن وجوده بنسبة من 4: 11% في الجسم بالإضافة إلى التأثير المحفز للكالسيوم يمكن الأجسام الطينية الحمراء من إظهار مقاومة جيدة للتصدع عند درجة حرارة الحريق المنخفضة جداً. (6)

ـ كلسنة الكوارتز المضاف إلى الجسم وطحنه إلى قوام أنعم يقاوم التصدع.(5)

1- Ref .27 Pp .424 2- Ref .26 Pp .155 3- Ref .19 Pp .87
4- Ref .27 Pp .423 5- Ref .27 Pp .422 6- Ref .15 Pp .76

ومن خلال ما سبق يمكننا القول بأن التصدع يحدث بزيادة التمدد الحراري للطلاء ومن ثم انكماشه في التبريد. ويتم ذلك باختيار أكاسيد للطلاء تكون أكبر في معاملات التمدد الحراري. وأحياناً يصعب عمل ذلك بدون تعديل جذري في درجة حرارة النضج.

<u>وفيما يلي الطرق الفعالة لحدوث التصدع في الطلاء:-</u>

ـ يمكن أن يحدث التصدع بتعديل الجسم الطيني وفى هذه الحالة يتم تقليل المواد ذات التمدد العالي في الطينـة وعندما تبرد الطينة ستنكمش بمعدل أقل ويظل الطلاء تحـت شـد Tension وهذا يعنى تقليل الفلدسبار أو أي مادة سابقة الصهر "fritted material" تحتوى على أكاسيد لها تمدد عالي من الصوديوم والبوتاسيوم في الطينة .

ـ أما بالنسبة للتعديل في الطلاء :-

ـ استبدال الأكاسيد ذات التمدد الحراري المنخفض.T.E.C (B_2O_3, ZnO, MgO) بأكاسيد ذات تمدد حراري عالي.

ـ تقليل السيليكا.

ـ إحلال عوامل صهارة ذات وزن جزيئي عالي بدلاً من عوامل صهارة ذات وزن جزيئي منخفض (PbO-223 , CaO –56).

ـ زيادة أي مادة تحتوى على الصوديوم أو البوتاسيوم.

ـ زيادة الفلدسبار.

ـ تقليل أكسيد البورون.

ـ تقليل الألومينا .

ـ تطبيق طبقة سميكة من الطلاء.

التشقق (التشريخ) "Cracking"

- في البداية لابد من الإشارة إلى أن هناك نوعان من الشروخ:-

أولاً: شرخ في الجسم بعد الجفاف أو الحريق.

غالباً ما تنتج مثل هذه الشروخ من سوء تناول الجسم عند مرحلة جفاف الجلد على سبيل المثال عند عدم توخى الحذر في إصلاح حافة آنية وربما يظل هذا الإجهاد غير واضح حتى تصبح الآنية في مرحلة جفاف كامل أو في مرحلة البسكويت. والتبريد السريع جداً خلال مرحلة تحولات الكوارتز والكريستوباليت يمكن أيضاً أن يسبب ظهور شروخ وسوف تتزايد احتمالات حدوث التشريخ أثناء التبريد مع وجود سيليكا أكثر من اللازم في الجسم.(1)وفيما يلي بعض الأسباب الأخرى للتشريخ:-

- الترطيب غير المتجانس في نفس القطعة – على سبيل المثال- عند وجود بعضاً من الماء في قاعدة الآنية أثناء التشكيل على عجلة الخزاف.
- شد الطين أثناء تشغيلها.
- الجفاف الجبري أو غير المنتظم.
- تطبيق البطانة على آنية جافة للغاية أو العكس، أي تطبيق البطانة على آنية رطبة جداً.
- وجود سمك غير منتظم في الآنية وبخاصة عند قاعدة الإناء.
- استخدام طينة رطبة مع طينة أكثر جفافاً.
- استخدام طينة لها معدل انكماش كبير.
- وجود قطع من الجير أو الحجر في الطينة.
- وجود حمل من الوزن الزائد على الآنية نتيجة للرص غير الجيد للفرن.
- ثنى الشرائح وهى يابسة جداً -على سبيل المثال- كما في حالة الأواني التى يتم تشكيلها حول اسطوانات.
- تشغيل الطينة بعد أن تكون قد جفت إلى ما بعد مرحلة اللدونة.(1)

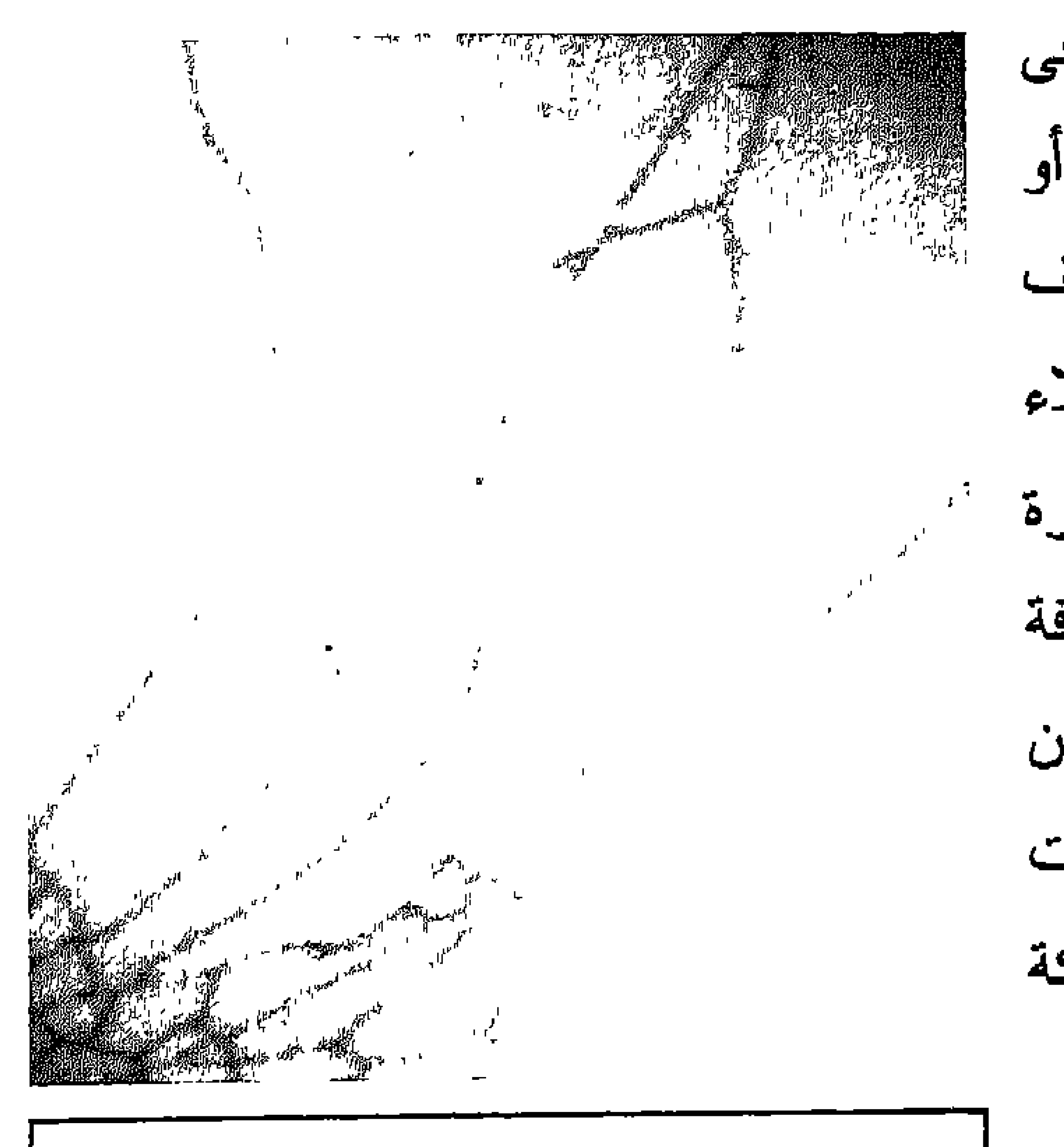
ثانياً:- شرخ في السطح الخارجي للجسم المطلي بطلاء زجاجي.

تحدث مثل هذه الشروخ في الطلاءات الزجاجية بسبب الإجهادات الطبيعية التى تتواجد بشكل مستمر في الأجسام الخزفية مثل التمدد والانكماش، التسخين والتبريد الخ من الأسباب التي تؤدي إلى تصدع الطلاءات، وعندما يكون هذا التصدع متعمداً وتحت التحكم يطلق عليه التشقق. (2)

1- Ref .16 Pp .77 2- Ref .19 Pp .85

التشقق (التشريخ) "Crackle"."Crackle ".“Craquelle".

[1]- تعريف:-



شكل (13) نموذج للتشقق فى الطلاءات (4)

التشقق عبارة عن شبكة من التشققات تظهر فى طـبقة الطــلاء الزجاجى على هيئة شروخ أو صــدوع بمســاحات كبيرة أو صغيرة ويتوقف ذلك على مدى الإجهاد الحادث في طبقة الطلاء فكلما قل الإجهاد ظهرت صدوع ثانوية صغيرة ودقيقة جداً . ويستخدم التشقق كوسيلة لزخرفة الأسطح الخزفية وتطبيقه على جسم فاتح اللون يظهره بشكل جيد.(1) وأيضاً فإن إختيار الوقت المناســب لتلويــن التشــقق يجعلنا نرى شبكة خطوط فى أفضل صورة زخرفية ممكنة.(2)

[2]ـــ نوعية الطلاءات والأجسام التى تناسب التشقق.

تظهر التأثيرات المتشققة فى معظم الطلاءات فيما عدا الطلاءات المطفأه، (1) و الطلاءات التى تحتوى على نسبة عالية من أكسيد الصوديوم وأكسيد البوتاسيوم ذات معامل التمدد العالى يكون لديها الميل للتشقق على معظم الأجسام الخزفية .(3) ويعتمد ظهور التصدع على نوع الفلدسبار المستخدم وعلى الأكاسيد المختلفة الداخلة في تركيبه ومعدلات التمدد والإنكماش الخاصة بها ، وأفضل أنواع الفلدسبارات هو النيفلين سيانيت . كما أن إختيار المادة الصهارة يؤثر في درجة التصدع أيضاً فنجد الحجر الجيري أفضلها وهناك كربونات الباريوم ، وأكسيد الزنك ، وكربونات الليثيوم ، وكربونات المغنيسيوم . (4) والطلاءات ذات المحتوى المنخفض من الألومينا والسيليكا إلى درجة كبيرة يظهر بها صدوع وتشققات . كما أن الأجسام الطينية ذات معامل التمدد الحرارى المنخفض تجعل الطلاء المطبق عليها يميل إلى التشقق ، والأجسام التى يضاف إليها التلك Talc ربما تتمدد بدرجة أقل من الطينات العادية وبهذه الطريقة يزيد إحتمال التشقق.(3)

1- Ref.23 Pp .210 2- Ref.19 Pp .85 3- Ref.10 Pp .21 4- Ref.28 Pp .20

[3] ـ تقنيات الحصول على التشقق:-

عند اكتمال حريق الطلاء يمكن نقل الآنية من الفرن وهو مازال ساخناً لدرجة عدم القدرة على التعامل مع الآنية باليد مباشرة ، وذلك باستخدام فرن ذو إمكانيات تسمح بذلك. ويمكن تنقيط الآنية أو رشها بالماء البارد وهى ما زالت ساخنة حتى تعطى خطوط تشقق أقوى.

وقد كان الخزافون الصينيون عادة يقومون بتسخين الأواني التى بها تصدع في أشعة الشمس الحامية ثم يقومون بعد ذلك بتغطيسها في ماء بارد حتى تظهر بها وتشققات أقوى. (1) وعندما يحدث التصدع الأولى يتم حك الملونات في التشققات حتى تعطى تأثيراً زخرفياً ، وقد تم عمل ذلك في السيلادونات الصينية المتشققة ، ففي البورسلين الصيني كانت خطوط التصدع الأولى الطويلة تملأ بالصبغات قبل خطوط التصدع الثانوية التى تظهر بعد ذلك في الوسط. (2)

ولتأكيد خطوط التشقق يتم حك الحبر الهندي فيها أو باستخدام شراب السكر وتسخين الآنية في الفرن حتى يتفحم السكر. (3)أو باستخدام أكسيد تلوين أو شاي أسود في المساحات المتشقق. (4)

ويمكن أن تتم عملية التلوين بتسخين الآنية لدرجة حرارة تفوق احتمال الجلد وتغطيسها بعد ذلك في محلول أحد الملونات المختلفة القابلة للذوبان بتركيز 5 % وهذه الملونات تتضمن نترات الكوبالت، نترات النحاس، نترات الحديد...وغيرها ، وعندما تبرد الآنية يندفع المحلول في التشققات خلال الفراغ الناتج عن تكاثف البخار. وعندما تجف الآنية يمكن إزالة الطبقة الرقيقة الزائدة من الملون المذاب بمسح السطح بلطف باستخدام إسفنجة مبلله. بعد الحريق عند مخروط (018) 710 °م هذه الأملاح تتحلل وتملأ التشققات بالأكاسيد الملونة.(1)

يمكن إستخدام الطلاءات الملونة ذات الحريق المنخفض بدلاً من الملونات القابلة للذوبان. وهذه الطلاءات يمكن تطبيقها على الآنية وهى ساخنة وعندما تجف يمكن مسح أي طلاء لم يمتص في التشققات قبل أن تحرق الآنية عند درجة حرارة منخفضة ويمكن إستخدام الصبغات "Stains" لتلوين ذلك الطلاء وإضافة كربونات الكوبالت حتى 1 %، أكسيد الحديد الأحمر حتى 5 % تنتج سلسلة ملونات جيدة.

ـ الأسود الجيد يمكن الحصول عليه بإستخدام:-

- 1.5% أكسيد كوبالت.
- 1.5% أكسيد كروم أخضر.
- 1.5% أكسيد حديد أحمر.(1)

1- Ref.10 Pp.22 2- Ref.19 Pp.85 3- Ref.25 Pp.203 4- Ref. 23 Pp.210

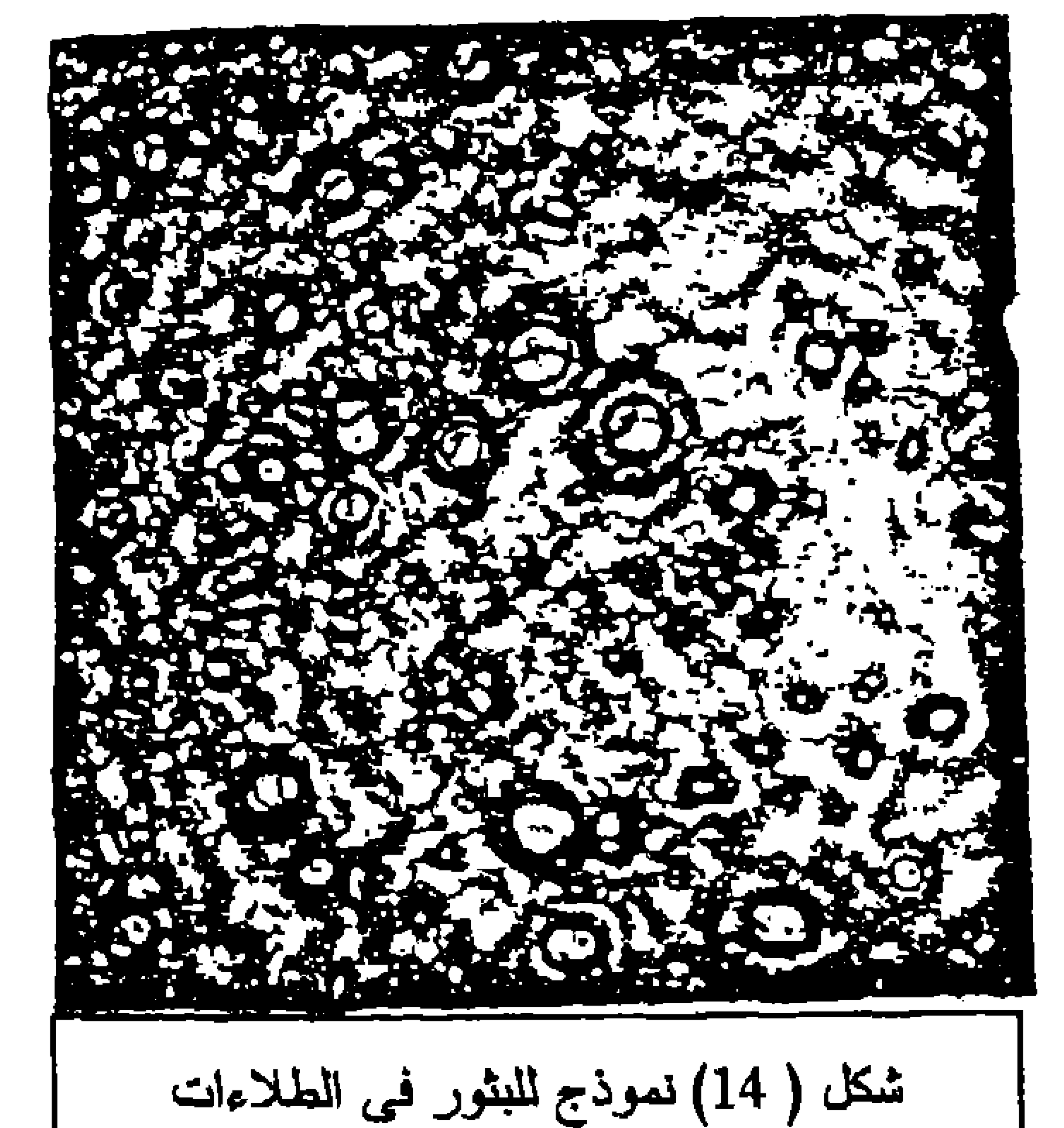
طريقة التجزيع المنصهر "Melt – Crackle"

وفيها يسمح لطبقة الطلاء الزجاجي بالتشقق بعد التطبيق والحريق في درجة حرارة منخفضة ، ثم تغطى طبقة الطلاء بالأكسيد الملون وبعد حكها بخفه داخل التشققات تبعاً لتأثير فنى مرغوباً فيه يعاد حرقها مره أخرى حتى درجة حرارة النضج وفى النهاية تظهر التشققات وقد إمتلأت بالطبقة الملونة. ومن الممكن إنتاج شبكة تشققات واحدة على الأخرى بإستخدام طلاءين منفصلين . يمكن أن ينتج الطلاءان نمطين مختلفين تماماً من التشققات والإرتباط بينهما يمكن أن يعطى تأثيراً شيقاً. (1)وقد كان الصينيون قادرون على إنجاز هذا التأثير من خلال الحريق المتعاقب لشبكة من التشققات الكبيرة والدقيقة معاً، كل منها ملون باكسيد تلوين مختلف. (2)

البثور "Blistering" والغليان "Boiling".(3)

(أ)البثور "Blistering"

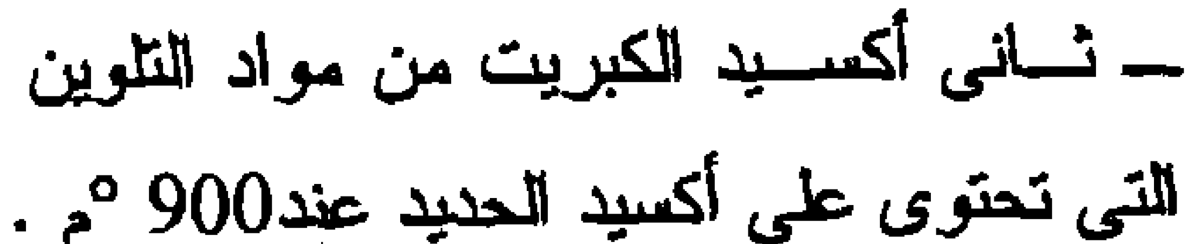
[1] تعريف .



شكل (14) نموذج للبثور فى الطلاءات

تتصاعد الغازات الناتجة عن المعالجة الحرارية فى صورة فقاقيع مكتملة أو حفر من الفقاقيع المنفجرة. ويحدث ذلك قبل مرحلة تمام تسوية الطلاء ، وتلك الغازات إما أن تكون ناتجة من تفاعل مكونات الطلاء نفسها ، أو من تفاعل مكونات الجسم المُطبق عليه الطلاء.

ومع إرتفاع درجة الحرارة تزيد التفاعلات المصاحبة فتنطلق العديد من الغازات مثل:-



– ثـــانى أكســـيد الكبريت من مواد التلوين التى تحتوى على أكسيد الحديد عند900 °م .

– الأكسجين من ثانى أكسيد المنجنيز ، عند 1080 °م .

– الفلورين من حجر الكورنيش عند 1150 °م .

– وهـــناك مكونات أخرى يحدث لها غليان ثم تتطاير. مثل أكسيد الصوديوم فوق درجة حرارة 1200 °م .(4).

1- Ref.19 Pp.85 2- Ref.23 Pp.210 3- Ref.27 Pp.431 4- Ref. 19 Pp.27

وعندما ينصهر الطلاء فإن نواتج الحريق الغازية تشكل مساماً مطوية ، ومع إرتفاع درجة الحرارة وإنخفاض اللزوجة تتخذ هذه المسام شكلاً كروياً نتيجة للتوتر السطحى "surfac tension" ، ومع إستمرار إرتفاع درجة الحرارة تندمج الفقاعات الصغيرة لتشكل فقاعه أكبر. وتكون الفقاعات في النهاية لها سمك أقل من سمك الطلاء ، نتيجة لتشكيل إنخفاضات فوق الفقاعات. وعندما ترتفع درجة الحرارة ويكون خروج الغازات معتدلاً فإن الفقاعات التي تعجز عن الوصول للسطح تتشكل على هيئة بثور"blisters". وإذا خرجت غازات أكثر تصل الفقاعات إلى سطح الطلاء ، وأى فقاعة تصل إلى سطح الطلاء ستنفجر تاركة خلفها ثقوباً مفتوحة "blowholes" وحفر "craters" .(1).

وعندما تحاول الفقاقيع أن ترتفع عمودياً ، تستغرق وقت أطول حتى تخرج من الأسطح الرأسية التى تتدلى بالقرب من القاعدة في الأشكال المنتفخة ومن داخل حواف قاعدة الآنية.

[2] نوعية الطلاءات التى لها قابلية لحدوث التبثير.

الطلاء الكثيف stiff غالباً يحبس الفقاقيع فيه ويعطيها عتامة خشنة ، والكثافة عند الإنصهار تسمى لزوجة ، بينما الطلاء السيال fluid يسمح للفقاقيع أن تخرج بسرعة ولا يظهر به ندبات .(2).

الطلاءات الرصاصية التى يكون لها وزن نوعى كبير ولزوجة منخفضة تترك الغازات تعبر خلالها بسهوله ، ولذلك نادراً ما تشكل بثور . أما إذا تعرضت الطلاءات الرصاصية مصادفة لأجواء إختزال في الفرن ، سيظهر بها بثور ويصبح الطلاء رمادياً أو مسوداً ، والسطح يمكن أن يكون مغطى ببثور كبيرة وحفر ، حيث أن أكسيد الرصاص ذو حساسية بالنسبة لجو الحريق ويُختزل بسهولة.(3) والطلاءات التى تحتوى على الرصاص في صورة frit (مادة سابقة الصهر) تكون أقل عرضه للتبثير في ظروف الإختزال من تلك الطلاءات التى تحتوى على مركبات الرصاص الخام .(4).

الطلاءات سابقـــة الصهر تمتص غازات أكثر من الطلاءات الخام وبالتالي تظهر ميلاً كبيراً للتبثير أكثر من الطلاءات الخام المماثلة لها في التركيب ، والطلاءات التى تحتوى على أكسيد الحديد "ferric oxide" تكون أكثر عرضه للتبثير .(3).

1- Ref.27 Pp.431 2- Ref.19 Pp.27 3- Ref.27 Pp.432 4- Ref. 26 Pp.158

[3]الأسباب التي تؤدي إلى ظهور البثور.

3-1- ظروف الحريق وجو الفرن .

3-2- مسامية الجسم وغازات التدخين الكبريتية.

3-3- الغازات الموجودة في الطلاء الخام.

3-4- التطبيق السميك

3-1- ظروف الحريق و جو الفرن:-

التلبيد المبكر للطلاء ، والتسخين السريع ، والإنحدار "gradient" الكبير لدرجة الحرارة داخل الجسم ، وجو الإختزال كلها عوامل تقوى حدوث البثور .

وعندما تتشكل الفقاعات يكون هناك تبادل مستمر للغازات بين الطلاء والفقاعات الفردية، وأيضاً بين الطلاء وجو الفرن ، ولذلك تأخذ الفقاعات في النهاية نفس التركيب مثل جو الفرن.

وإذا لم يتصلد الطلاء بعد قليل من تشكيل هذه الفقاعات يكون من الممكن عمل تحليل سريع للغاز بواسطة طرق تحليلية دقيقة :-

- تحليل ميكرونى "Microanalytical"
- تحليل ميكروجرافى "Chromatoraphy"
- تحليل طيفى "Spectography"

وبذلك يمكن تمييز أصل الفقاعات.(1)

ـ وقد إكتشف سلوجانكى "Slawjanki" طريقة تحليل الغاز المحتبس في المصهور الذائب وقد طبق هذه الطريقة لتحليل فقاقيع الغاز في طلاءات البورسلين وقد قرر التركيب الآتى:-

CO_2 من 10: 13 % ، N_2 من 82 :85 % ، O_2 من 2 : 5 %.

وهذا التركيب الكيميائى يبرهن على أن الفقاقيع ليست ناتجة عن تحليل الكربونات ولكنها تنشأ من غازات الفرن والتى تتشبع في الجسم الذي ما زال مسامياً وتخرج عندما يتلبد . وجو الفرن يحتوى على نفس الغازات التى قد وجدت في الطلاء المنصهر أي SO2, O2, CO2، بخار الماء . الخ. (2)

3-2- مسامية الجسم وغازات التدخين الكبريتية:-

يزيد ميل الطلاء لتكوين البثور مع مسامية الجسم وأيضا إستخدام الوقود الرطب damp fuels هو سبب آخر للبثور . ويرى أشاجان "Achajan" أن البثور هى نتيجة لتكثيف غازات التدخين الكبريتية الناتجة من إحتراق الوقود .

1- Ref .27 Pp .433 2- Ref .27 Pp .432

وقد برهن ساجوب "Sagop" تجريبياً على أن البثور في طلاءات البورسلين ترد أحيانا إلى التأثيرات المضادة لغازات التدخين في منطقة التسخين عند درجة 400 °م ، ثاني أكسيد الكبريت SO2 الموجود في غازات التدخين يتأكسد إلى ثالث أكسيد الكبريت SO3 ويتفاعل مع أكسيد الكالسيوم في الطلاء ليشكل كبريتات الكالسيوم والتي بعد ذلك تتفكك وتنتج غاز عندما ينصهر الطلاء . وقد درس كل من ليكريفان "Lecrivain" ومارسن "Marethen" وفارجس "Farges" طلاء حرقه واحده به مواد عتامة من الزركون عند درجة حرارة 1250 °م، وقرروا بأن مسامية الجسم العالية تعتبر سبباً للبثور .(1).

3-3- الغازات الموجوده في الطلاء الخام:-

يؤكد بستيكر "Besticker" أن الغازات الموجودة في الطلاء الخام هى السبب الرئيسى لظهور البثور، وقد وجد أيضاً أن النيتروجين هو المكون الأساسى للطور الغازى في الفقاعات ، لأن الأكسجين يذوب في المصهور . وفضلاً عن دخول غازات الفرن في الطلاء ، يحدث التبثير أيضاً بسبب تشكيل الغازات عند إحتراق الكربون المحتبس في مسام الجسم ، وأيضا بخروج الغازات من المحاليل المشبعة في الطلاء المنصهر ، وإمتصاص الهواء بواسطة حبيبات الطلاء ، وخروج الغازات من مسام الجسم .(2).

4-3- التطبيق السميك:-

تنتج البثور إذا تم تطبيق الطلاءات بشكل سميك وعادة ما تكون البثور مرئية داخل التجويفات حيث يكون هناك بركة من الطلاء في القاع ، وذلك حيثما يكون التطبيق السميك للطلاء .
في هذه الحالة يمكن رؤية بثور كبيرة في الطلاء ، وتلك البثور التى على السطح يمكن أن تتكسر بسهولة .(3).

(ب) الغليان "Boiling"

[1]- تعريف .

في الحالات التى تكون فيها فقاقيع الغاز عديده وتخترق سطح الطلاء فإن هذا المظهر السطحى الناتج يسمى بالغليان ، وهو عيب متكرر في الطلاءات ذات الإنصهار المنخفض .

[2]- العوامل التى تؤدي إلى ظهور الغليان في الطلاء .

1-2- درجة حرارة غليان الطلاء .

2-2- التوتر السطحى للطلاء ودرجة نعومة الطلاء .

3-2- معدل التسخين وجو الفرن .

1- Ref .27 Pp .433 2- Ref .27 Pp .432 3- Ref .26 Pp .158

<u>2-1-درجة حرارة غليان الطلاء .</u>

كل طلاء له درجة حرارة غليان خاصة به تعتمد على لزوجته "viscosity" ، ومعدل التسخين "heating rate" والتركيب الكيميائي له ...إلخ .

ـ فالطلاءات المعتمة سابقة الصهر "fritted" وغير سابقة الصهر "unfritted" أيضاً تغلى عند لزوجة 4000 - 9.000 Pa.S .

ـ بينما الطلاءات الرصاصية الشفافة تغلي عند لزوجة 2.000 - 4.000 Pa.S

ويذكر بريموند "Bremond" أن 2.000 - 2.500 Pa.S تعتبر لزوجة قصوى لطلاءات الخزف الأرضي earthenware والبورسلين Porcelain . وأن اللزوجة أقل من Pa.S 1.000 تعتبر عامل مساعد لغليان الطلاء .

2-2-التوتر السطحى "Surface tension" ودرجة نعومة الطلاء .

التوتر السطحى للطلاء له تأثير على الغليان ، نظراً لأن أي زيادة في التوتر السطحى تجعل الطلاء أكثر صلابة فيما يتعلق بزيادة حجم الفقاعات ووصولها إلى سطح الطلاء .

وطحن الطلاء طحناً خشناً حوالي 15-20 microns يعمل على زيادة درجة حرارة الإنصهار ويقلل الميل للغليان ، ومن ناحية أخرى فهو أيضاً يضعف شفافية الطلاء "Transparency" .(1)

4-2 – معدل التسخين وجو الفرن .

تزيد درجة حرارة غليان الطلاء طردياً مع معدل التسخين . والغازات الكبريتية التى تنتج من حريق الفرن بوقود زيت ثقيل يمتصها الطلاء عند درجة حرارة750 °م تقريباًوهكذا تبدأ الظروف التى تؤدى إلى تشكيل الكبريتات وأخيراً إلى غليان الطلاء .

<u>الخامات التى تؤدى إلى ظهور البثور والغليان .</u>

ـ السبب المتكرر للبثور في الطلاءات الملونة هو وجود أكاسيد المنجنيز ، والكوبالت ، والنحاس ، والحديد ، ولا تسبب أكاسيد التلوين مشكلة في الطلاءات ذات الانصهار المنخفض مع محتوى عالى من أكسيد الرصاص ، ولكن إستخدام أكاسيد التلوين أوالصبغات التى لم يتم تنقيتها بقدر كاف يمكن أن تسبب الغليان .

ـ المحتوى العالي من القلويات ، وأكسيد البورون ، وأكسيد الباريوم في الطلاء يقوى حدوث الغليان ، بينما أكسيد الزنك يكون له تأثير عكسى .(1)

1- Ref .27 Pp .434

ــ إحتواء الجسم أو الطلاء على كربيد السيليكون يمكن أن يؤدى إلى ظهور الفقاقيع . كربيد السيليكون لــــه تأثير قوى وبخاصة على طلاءات البورون Boric ، وطلاءات الرصاص Lead ، وطـــلاءات الــبورون والرصـــاص Boric / Lead ولكن تأثيره يكون أقل على الطلاءات الفلدسبارية "Feldspathic" .(1).

كيفية الحصول على البثور والفقاعات:-

يمكن إيجاد هذه الملامس السطحية بإستخدام كمية كبيرة من المواد عالية الفاعليةفي الطلاء مثل:-

- ثالث فوسفات الصوديوم Trisodium calgon
- أنتيمون Antimony
- كربيد السيليكون Silicon carbide (2)

<u>الثقوب الإبرية "Pinholing" والحفر "Pitting".</u>

<u>[1] – تعريف .</u>

فقاعات الغاز الصغيرة التى تتشكل أثناء الحريق عندما تخترق الطلاء وتنفجر على السطح تاركة خلفها حفر صغيرة ويكون الطلاء المنصهر غير قادر على أن يملؤها يصبح مظهر سطح الطلاء أشبه بوسادة الدبابيس "pincushion" أو قشرة البيض "egg shell" ، أوإذا كانت الحفر كبيرة بالقدر الكافى فهو يشبه سطح قشرة البرتقاله "orange peel" ، ووفقاً لذلك فإن هذا العيب يشار إليه بالفعل تحت هذه الاسماء .(3).

ومعظم الثقوب والحفر هى الفوهات المتجمدة – Frozen craters –لنشاط الغليان كما لو أن شخصاً استطاع فجأة أن يجمد قدر من الماء المغلى ويثبت الشكل لعدد لا يحصى من الفقاقيع الصغيره bubbles التى تنشأ وتتكسر على السطح .(4).

وعندما يتم تطبيق الطلاء على منتج تم تشكيله بطريقة الصب ، ربما تظهر فراغات كبيرة نسبياً على السطح ولا يجب الخلط بين تلك الفراغات والثقوب الإبرية فى الطلاء ، إذ أن هذه الفراغات تنتج بسبب إحتباسات الهواء فى جسم منتج الصب وتلك الإحتباسات تقع قريبه من السطح وتنفتح عندما يطبق الطلاء ، وتترك خلفها فتحات صغيرة بعد الحريق .(3).

<u>[2] – نوعية الطلاءات التى لها قابلية لظهور الثقوب والحفر .</u>

الطلاءات على الفخار "pottery" والماجوليكا "majolica" والخزف الارضى "earthenware" تكون عرضه لتلك العيوب . الطلاءات التى تسيل عندما تنصهر أي التي تكون ذات لزوجة إنصهار منخفضة تكون غير مناسبة لظهور الثقوب "Pinholes" ، على عكس الطلاءات الجافة dry ، والمطفاه mat .

1- Ref.27 Pp .433   2- Ref.25 Pp .203   3- Ref.27 Pp .435   4- Ref. 26 Pp .157

والطلاءات التى لم تصل إلى درجة النضج"under –fired".(1) بينما طلاءات الزيركون المعتمه بشكل خاص تكون عرضه لتشكيل الثقوب الإبريه .(2)

[3] – العوامل التى تؤدى لظهور الثقوب والحفر .

هي نفسها في حالة البثور وتتضمن بشكل أساسي :– التفاعل بين الجسم والطلاء ، إحتراق الكربون المحتوى في الجسم أوالطلاء ، خروج الماء المرتبط كيميائيا ، تفكك مكونات الطلاء المختلفة (مع إنفصال الغاز المصاحب) ، إمتصاص الغازات من الجو المختزل ، نظام الحريق غير المناسب وأنواع مختلفة من التلوث (3)، ويمكن توضيحها كما يلي :–

3-1– اللزوجة والإنصهار .

3-2 – زيادة الحريق .

3-3– الكربون .

3-4– الإختزال .

3-5– التخزين الطويل للآينة البسكويت .

3-6– الزركون .

3-7– التميؤ .

3-8– أنواع مختلفة من تلوث الطلاء .

3-1- اللزوجة والانصهار .

تظهر هذه العيوب الثقوب الإبرية "pinholes"، والبثور "blisters" ، والفقاقيع "bubbles"، والحفر "craters" بشكل متكرر في الطلاءات كلما كانت درجة حرارة نضج الطلاء أقل ، مع حدوث العيب المتكرر عند درجة حرارة 1000 °م تقريباً (3)، ونجد أن الطلاءات ذات الإنصهار المنخفض واللزوجه المنخفضة تظهر بها تلك العيوب بسبب المحتوى القلوى العالى ، مقارنة بالطلاءات اللزجة التى تأخذ وقت أطول حتى تنصهر والتي يكون إحتمال نمو الثقوب الإبرية بها أقل .(4)

والطلاءات الأكثر سيلاناً عند الإنصهار تصل إلى أقل لزوجة لها عند أوج الحريق ، وبذلك تكون الفرصة مواتية لشفاء الحفر "pits" والثقوب "pinholes" وأيضا حتى يتخذ الطلاء شكله النهائى فى سطح مصقول "smooth" وصحيح "unbroken".(1)

وطالما أن درجة حرارة النضج عاليه بشكل كافى ، فإن نمو البثور فى مراحل مبكرة للحريق يتلاشى بعد ذلك أسفل السطح المصقول للطلاء .(3)

1- Ref.26 Pp .158   2- Ref.27 Pp .437   3- Ref.27 Pp .435   4- Ref. 27 Pp .436

3-2- زيادة الحريق .

يأتى الطلاء الذى لم يكن عرضه لظهور الثقوب من الفرن أحياناً ملئ بالنقر ، وذلك إذا تمت تسويته في درجة حرارة عالية "Over – fired" بزيادة مخروطين أو ثلاثة مخاريط عن درجة حرارته الطبيعية . هذه النقر pits ، أوالبثور blisters تنتج بسبب غليان الطلاء boiling عندما إقترب من الحاله المتبخرة vapor ، ويترك الغليان فوهات بركانية craters ، أوندبات scars ، أو نقرpits فى الطلاء المتصلد .(1).

3-3- الكربون:-

في معظم الحالات ، ينفصل ثانى أكسيد الكربون من الكربونات في مدى تقريبى لدرجات الحرارة عند 800-900 °م ، وتعمل السيليكا المطحونة طحناً ناعماً كماده محفزة وتعجل بتحلل الكربونات .(2) وعندما ينحل ثانى أكسيد الكربون وينطلق الكربون يتجمع هذا الكربون فى الطلاء ويتأكسد أثناء الحريق ، ولذلك فإن الفقاقيع الناتجة ترتفع إلى السطح حيث تنفجر وتترك خلفها ثقوباً إبريه .(3).

3-4- الإختزال .

عندما يكون جو الحريق مختزل بقدر كبير ، وبخاصة فى المراحل المبكرة للحريق ، يمكن تترسيب كميات كبيرة من الكربون فى مسام الطينة ، وفيما بعد فإن أكسدة هذا الكربون يمكن أن تسبب الثقوب الإبرية عندما يمر ثانى أكسيد الكربون من خلال الطلاء .(1).

3-5- التخزين الطويل للآنية البسكويت .

عند تخزين الآنية التي تم حريقها بسكويت لفترة طويلة يؤدي ذلك إلي خروج الغازات أثناء حريق الطلاء ومن ثم تشكيل الثقوب الإبرية ، لأن أكسيد الكالسيوم الذي قد تشكل أثناء عملية الكلسنة "calcining" يمتص الرطوبة من البيئة المحيطة ويتحول إلى هيدروكسيد ويتفاعل بعد ذلك مع ثانى أكسيد الكربون من الجو ، مما يؤدى إلى التشكيل الثانوى لكربونات الكالسيوم ، ثم إنفصال ثانى أكسيد الكربون أثناء حريق التوهج .(3).

3-6- الزركون .

تشكيل الفقاعات فى الطلاء يكون أكثر تركيزاً فى مدى درجات الحرارة الذى يُنتج الكمية القصوى من سيليكات الزركونيوم "Zirconium – Silicate" ، لأن البللورات التى قد تشكلت تعمل كمراكز تكثيف لتقديم الغازات فى الطلاء المنصهر وكمراكز نمو للفقاعات الموجودة مسبقاً . ونظراً لأن إعتام الطلاء يحتاج من 3:2 أضعاف من أكسيد الزيركونيوم أكثر من أكسيد القصدير ، فإن طلاءات الزيركونيوم تكون أكثر ملائمة لتشكيل الثقوب الإبرية من طلاءات القصدير .(4).

1- Ref.26 Pp.158 2- Ref.27 Pp.435 3- Ref.27 Pp.436 4- Ref.27 Pp.437

3-7- التميؤ .

الثقوب الإبرية يمكن أن تنتج بسبب حدوث تميؤ جزئي لبعض الطلاءات سابقة الصهر أثناء الطحن ، وتتفكك الهيدرات "hydrates" أثناء حريق التوهج "glost – firing" ، وتتبعث الغازات التي تؤدي إلى تشكيل الثقوب الإبرية .(1)

3-8- أنواع مختلفة من تلوث الطلاء .

- يمكن أن يتلوث الطلاء أثناء الطحن إذا ما تم تنفيذ الرباط الطوبى المبطن لإسطوانه الطحن الأسمنت الجيرى الطبيعى lime cement ، ولذلك فإن إحتكاك الأسمنت المفكك يكفى لأن يسبب تشكيل الثقوب الإبرية .(2)
- أكاسيد التلوين التي عندما تغير تكافؤاتها تكون مسئولة عن إنطلاق الغازات التى تسبب الثقوب فيما بعد .(3)
- إحتواء الطلاءات على قدر أكبر من القدر الطبيعى من الزنك Zinc أو الروتيل Rutile يكون لديها ميل لظهور الثقوب . (158-26)
- تضمينات الجبس حتى أقل من 1 %، بالإضافة إلى كبريتات الصوديوم والمغنسيوم ..إلخ . أيضا يمكن أن تنتج الثقوب الإبرية .
- تلوث الطلاء بنسبة أقل من 0.5 % من كربيد السيليكون .(1)
- تجمع الغبار على سطح الطلاء .
- هناك سبب بسيط وهام جداً لا يمكن إغفاله ، وهو إمكانية تلوث الماء .(2)

1- Ref .27 Pp .436 2- Ref .27 Pp .437 3- Ref .27 Pp .435

"Shelling", "Flaking", "Peeling" التقشير

[1]- تعريف :-

يحـــدث التقشـــير بسبب قوى الإنضغاط فى الطلاء والتى تفوق القـــوة الرابطة عند طبقة الإتصال بين الجسم والطلاء – عندما يكـــون الإرتـــباط بين الجسم والطلاء غير كافى – وتجعل طبقة الطـــلاء يحـــدث بها إنقسام عند الحواف والأطراف وربما تلتف overlap طـــبقة الطلاء عند أماكن الإنقسام أو تتراكب عليها . ويظهـــر التقشير على هيئة شروخ دقيقة فى الطلاء تميل حوافها أن تتراكب فوق بعضها البعض أو كأن مساحة من الطلاء سوف تسقط بعيداً عن الآينه .(1).



شكل (15)
نموذج للتقشير فى الطلاءات

[2]- أسباب حدوثه :-

ـ يحـــدث التقشير بسبب الارتباط غير الجيد بين الجسم والطلاء ، وهذا الإرتباط الفقير يمكن أن ينشـــأ بسبب الحريق غير الكافى للطلاء والذى يجعل الطلاء ينصهر بمفرده ولكنه لا ينتج طبقة إتصال بين الجسم والطلاء (2) ، أو بسبب وجود راسب على سطح الجسم يمنع الطلاء من الارتباط على الوجه الصحيح مع الجسم (3) ومثل هذاالراسب ينشأ من :-

1- تـــراكم الأمـــلاح الذائبة فى الماء على سطح المنتج الجاف-غير المحروق- أوالمحروق بسكويت قبل تطبيق الطلاء . كبريتات المغنسيوم وكبريتات الصوديوم قابله للذوبان فى الماء بسرعة ولها القدرة على أن تسبب التقشير. (4)

2- إســـتخدام البنتونيـــت كمادة لدنه فى الأجسام التى يتم تشكيلها على الدولاب ، يتسبب فى حدوث طبقة سطحية غير محكمة عند الجفاف.

3- الأجسام الغنية بالرمل إذا تم مسحها بالإسفنجة أكثر من اللازم عند الحواف يترتب عليه مسح المادة الطينية بعيداً عن السطح مع زيادة الرمل عند السطح .(3).

4- تـــراكم الغـــبار والملوثـــات الأخرى -مثل وجود بقع دهنية- يمكن أيضا أن يؤدى إلى تشكيل طبقة فاصلة بين الجسم والطلاء .(4).

1- Ref.15 Pp.104   2- Ref.19 Pp.287   3- Ref.15 Pp.106   4- Ref.27 Pp.420

5- إستخدام بطانات غير متوافقة في إنكماشها مع الجسم ، أو إستخدام الأكاسيد وألوان الزخرفة بطبقة سميكة . (1)

ـ فـي حالـة الحرقة الواحدة والطلاءات الخام :- عندما يتقشر الطلاء الخام غير سابق الصـهر مـن علـى جسـم جاف أوغير جاف ، فمن الممكن أن يكون سبب التقشير هو الإختلاف في معدلات الانكماش بين الجسم والطلاء ، وبخاصة عندما يكون الجسم محتوى على نسبة كبيرة من المادة الطينية ، وهنا يحدث التقشير خلال التجفيف ، أوخلال المراحل المبكرة للحريق .(2)

ـ التسـخين السريع يعمل على إجبار رطوبة الجسم على الخروج بشكل سريع ، وتعجز طبقة الطلاء عن مقاومة ضغط البخار ولذلك تنفصل عن الجسم في أماكن مختلفة . (3)

ـ يحـدث التقشير أيضاً إذا كان الطلاء يحتوى على نسبة كبيرة من المواد الخام الهشة أو المنـتفخة "Voluminous" مثل كربونات المغنسيوم ، أوالألومينا ، أوأكسيد الزنك . وأي طـلاء له محتوى عالى من الماء ولكن بشكل خاص الطلاء الخام يتقشر بسبب الانكماش الزائد (2) . والطلاءات اللدنه جيدة التلبيد تكون أكثر ميلاً للتقشير .(3)

ـ الطحـن الـزائد للطلاء ، تطبيق الطلاء على منتج محروق بسكويت في درجة حرارة منخفضة ، تلوث الطلاء بشكل عارض مع حجر جيري مطحون طحناً خشناً أو مع بعض الكربونات الأخرى كلها أسباب تؤدي إلى التقشير .(4)

التشظى. "Shivering"

[1]- تعريف :-

عندما يكون الطلاء تحت إنضغاط "compression" هائل يؤدى إلى إنفصاله عن الجسم ، وفى هذه الحالة إما أن يتقشر الطلاء "Peel" أو يتشظى "shiver". (5)

ويحدث التشظى بشكل خاص على الأحرف الخارجية الحادة مثل الحواف ، حروف الأيدى ، الزخرفة البارزة ، وتكون قشرة الطلاء لها حافة حادة وتنزع معها جزء من الجسم الذي تمزقت عليه. ويكون التشظى بسبب التوافق الفقير للطلاء مع الجسم ، والتشظى عكس التصدع .(6)

1- Ref .15 Pp .106 2- Ref .27 Pp .418 3- Ref .27 Pp .419
4- Ref .27 Pp .420 5- Ref .26 Pp .156 6- Ref .19 Pp 287.

[2]- انواع الأجسام التي يحدث التشطي عليها :-

يحدث للتشظى على الخزف الحجرى أكثر منه على الخزف الأرضي ، لأنه في حالة الخزف الحجرى الجسم والطلاء ينضجا سوياً ويتحدا معاً ، ويكون الإرتباط بين الجسم والطلاء قوياً ، وإذا كان الطلاء غير مناسب للجسم فإنه سيتشظى منتزعاً جزء من الجسم .(1) أما في حالة الخزف الأرضي والخزف الحجرى غير الناضج فإن الإتحاد في طبقة الجسم والطلاء يكون ضعيفاً وإذا كان الطلاء غير مناسب للجسم فإنه يترك الآنية بدون أن يمزق الجسم وهنا يسمى تقشير "Shelling" .(2).

[3]- أسباب حدوث التشظي:-

ـ يحدث التشظى بسبب الإختلاف في معاملات التمدد الحرارية بين الجسم والطلاء مثل التصدع ولكنه إختلاف عكسى لما هو في حالة التصدع ، فإذا كان معامل التمدد الحراري للطلاء أقل من معامل التمدد الحراري للجسم ، فإن الجسم ينكمش بسرعة أثناء التبريد وهذا يؤدى إلى توتر بين الجسم والطلاء يجعل الطلاء واقعاً تحت إجهاد ضاغط ويحاول الإنفصال عن الجسم ويتقشر . وعندما يكون التشظى ناتجاً عن إختلاف معاملات التمدد الحرارية فإنه يحدث كلما إقتربت نهاية عملية الحريق ، أوأثناء التبريد ، أوبعد التبريد أحياناً . نظراً لأن الطلاء المنصهر يظل في حالة مرنة طالما أنه لم يتصلد بالكامل ولذلك لا يتعارض مع إنكماش الجسم الذي يمضى بدون عرقلة طبقاً لمعامل التمدد الحراري الحقيقى للتركيب . وعندما يفقد الطلاء مرونته أثناء التبريد يعرقل إنكماش الجسم في السطح البينى للطلاء بسبب الإرتباط القوى بين الجسم والطلاء(3) ، ونظراً لأن الطلاء الزجاجي يكون توصيله الحراري أقل فهو يخضع لإجهاد ضاغط هائل أثناء التبريد ويتمزق .(4).

الإنتفاخ "Bloating" .

[1]- تعريف:-

أثناء الحريق تتحرر من الجسم العديد من الغازات والغالبية من تلك الغازات تخرج من خلال مسام الجسم وعند الضرورة من خلال الطلاء المنصهر . فإذا كانت مسام الجسم مغلقة بطبقة مصهور كثيف من الجسم والطلاء ، أوبطبقة متزججة كثيفة فلن تتمكن الغازات من الخروج وبعد ذلك تبنى جيوباً من الغاز خلف الحاجز اللدن لطبقة الطلاء الزجاجي الذي يتشوه ليأوى فقاعة الغاز .

وأهـــم الغـــازات التى تخرج أثناء الحريق غاز أول أكسيد الكربون ، وثانى أكسيد الكربون التى تخرج عنـــد 900:700 °م ، والغازات الكبريتية الناتجة عن تفاعلات الأكسدة المختلفة عند 1150:700 °م، والفلورين من 1300:700 °م. (5)

1- Ref.19 Pp .287   2- Ref.19 Pp .288   3- Ref.27 Pp .419
4- Ref.27 Pp .420   5- Ref.19 Pp .27

[2]- نوعية الأجسام التى تناسب الإنتفاخ:-

يحدث الإنتفاخ مع أجسام الخزف الحجرى وبين الجسم والبطانة في منتجات الصب (1)وعند إستخدام طينات تحتوى على شوائب أو لم يتم خلطها جيداً يظهر الإنتفاخ .(2)

كما يحدث الإنتفاخ في طلاءات البورسلين أثناء حريق الإختزال وأثناء حريق الأكسدة . أما في الطلاءات سابقة الصهر فنظراً لأن الطلاء سابق الصهر يكون جيد الإنصهار فإنه يقاوم الإنتفاخ .(3).

[3]- أسباب حدوث الإنتفاخ:-

3-1- درجة حرارة تلبيد الطلاء

إذا تم إنطلاق الغازات بعد أن يكون الجسم قد تلبد "sintered" والطلاء قد إنصهر melted فإن الغازات التى لم تنفذ تشكل طبقة سطحية على المنتج ، وهذه الغازات تتشكل أثناء تفكك جزيئات البيريت Pyrite ، والجبس Gypsum ، وأكسيد الحديد Iron oxide المحتبسة داخل الجسم . ودرجة حرارة تلبيد الطلاء هى العامل الأساسى المؤثر في الإنتفاخ فكلما زادت درجة حرارة تلبيد الطلاء ، كلما قلت فرصة الإنتفاخ ، وذلك لأن درجة الحرارة العالية توفر الظروف اللازمة لإكتمال تحرير الغازات من طبقة الطلاء ، وكلما كان الإرتفاع في درجة الحرارة أسرع كلما كان الجسم والطلاء أسرع فيما يتعلق بالتلبيد والإنصهار على التوالى ، وكانت الظروف مناسبة لحدوث الإنتفاخ .(3)

3-2- الهواء والكربون في مسام الجسم .

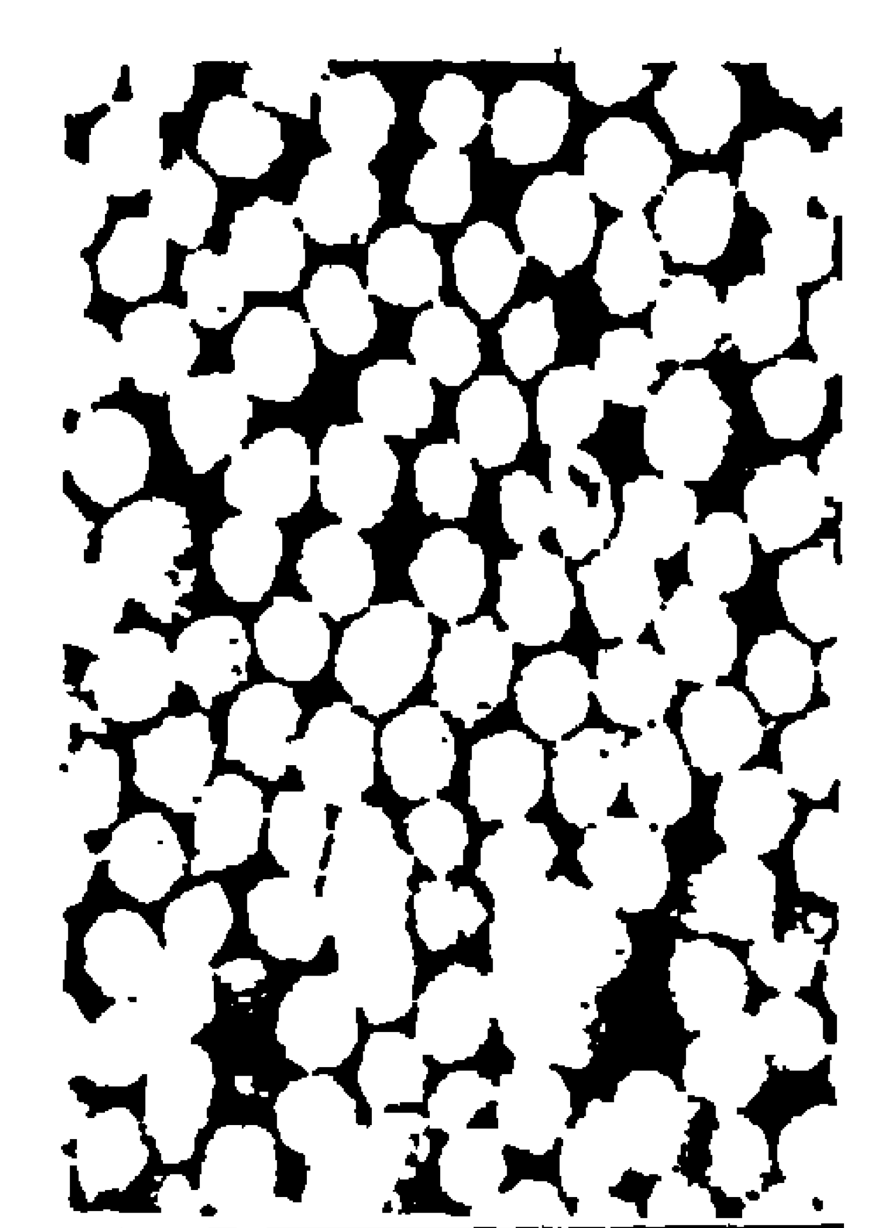
الكربون الذي لم يحترق تماماً في حريق البسكويت ، وفى حالة الحرقة الواحدة الكربون الذي يظل محتبساً فى الجسم ولا يستطيع التأكسد لأنه محكم من التسرب للجو الخارجى ، هذا الكربون يتأكسد بأخذ الأكسجين من أكسيد الحديد . وأكسيد الحديد المختزل يتصرف كمادة صهارة ، ويعمل على تليين الجسم مع زيادة التزجيج "Vitrification" وأكاسيد الكربون تحدث الإنتفاخات . ويتأكد الإنتفاخ مع منتجات الخزف الحجرى حيث يكون متعمداً الوصول بالجسم إلى التزجيج .(4) والهواء الموجود داخل مسام الجسم والطلاء يساعد على الإنتفاخ .

3-3- ظروف الحريق .

فى حالة طلاءات البورسلين ، ربما ينتج الإنتفاخ بسبب الحريق عند درجة حرارة أعلى من الدرجة المخصصة للحريق . إنطلاق الأكسجين من أكسيد الحديد أثناء حريق الإختزال يعتبر أيضاً سبباً للإنتفاخ . وحتى طلاءات البورسلين الصفراءء يمكن أن تبين هذه التأثيرات لحدوث الإنتفاخ فى حريق الأكسده .ويزيد محتوى الفقاعات طردياً مع درجة حرارة الحريق ، ووقت الحريق.(5)

1- Ref .19 Pp .27　　2- Ref .11 Pp .73　　3- Ref .27 Pp .430
4- Ref .19 Pp .28　　5- Ref .27 Pp .431

التخريز "Bittiness" .



شكل (16)
خرزات من كربونات الكالسيوم
مترسبة فى الطلاء

عــيوب صــغيرة فــى سطح الطلاء تُرى وتُحس كأنها خشنة قليلاً عند اللمس وتعرف بالتخريز "bittiness" ، أويعــرف هــذا الطلاء بالطلاء المخرز "bitty glaze" ويرجع السبب فى حدوث التخريز إما لعملية نخل الطلاء ، أولتلوث الطلاء .

ــ بالنسبة للنخل فإما أن الطلاء لم ينخل بالمره ، أولم يتم نخلــه خــلال مــنخل دقــيق بقدر كافى ، أوأن المنخل المستخدم كان به عيب ما .(1)

ــ أمــا تلوث الطلاء فيمكن أن يحدث بسبب المواد التى تعلــق بالجسم الطينى ، أوالبسكويتى والتى تنفصل داخل الطلاء أثناء عملية التغطيس .

وأحياناً يكون النخل صحيح والطلاء خالى من التلوث وبالرغم من ذلك يكون مظهر الطلاء رملياً وإن لم يضاف إليه أى خامة ، مثل هذه الحالة تنشــأ مــن نمــو بللورات في معلق الطلاء ويكون مظهر الطلاء وكأنه قد تم نخل بعض حبيبات الرمل عليه وبعد ذلك تم غسلها قليلاً .

ــ وربمــا يرجع هذا التخريز إلى وجود حبيبات من كربونات الكالسيوم ، وتتشكل حبيبات كــربونات الكالسيوم لأن معظم الفريتات المستخدمة في طلاء الخزف الأرضي يكون بها كمية صغيرة من كربونات الكالسيوم ولكنها قابله للذوبان في الماء ، وأثناء الطحن وعندما يــتم تخزين الطلاء في صورة سائلة فإن جزء صغير من الفريت يتحلل في الطلاء السائل وتــتحرر أيونــات الكالســيوم ، التى تتحد مع أيونات الكربونات التى تنشأ من تأين آثار حمــض الكربونيك الموجود في ماء المطر أوماء الصنبور لتنتج كربونات الكالسيوم التى تترســب بعد ذلك حول الحبيبات الصغيرة لأحد خامات الطلاء والتى ستكون بمثابة عامل تنويه ، وتحدث هذه المشكلة صيفاً وتقل جداً في الشهور الباردة .

ــ بالإختــبار تحت عدسه مكبره سنجد أن السطح يتضمن العديد من الكرات الصغيرة جداً متساوية الحجم تقريباً وكثيرة جداً ، وإذا تم صب حمض الهيدروكلويك عليها فسوف تفور تماماً بقوة مما يؤكد أن هذه الحبيبات من كربونات الكالسيوم .

إضــافة حمــض الهــيدروكلوريك أو الستريك إلى الطلاء السائل ستؤجل أو تمنع تشكيل كربونات الكالسيوم ولكن مثل هذه الإضافة عادة لا تكون مرغوبة نظراً لأن الحمض يعمل على تجميع الطلاء ويسبب زيادة سمكه وترسيبه بسرعة كبيرة .(2)

1- Ref .15 Pp .57 2- Ref .15 Pp .58

الفصل الثانى

الأسباب العامة التى تؤدى الى ظهور عيوب فى الطلاءات الزجاجية

*تركيب الطلاء

*الطحن غير الصحيح للطلاءات

*الترسيب فى معلق الطلاء

*تطبيق الطلاء

هناك أسباب عامة يمكن أن تنشأ عنها عيوب في الطلاءات الزجاجية ، مثل العيوب التي تنشأ أثناء عملية الإعداد والتحضير لخامات الطلاء وهي مرحلة هامة جداً في الحصول على تأثيرات فنية شيقة فنجد أن هناك :

- عيوب تنشأ بسبب تركيب الطلاء .
- عيوب تنشأ بسبب الطحن غير الصحيح للطلاءات .
- عيوب تنشأ بسبب الترسيب في معلق الطلاء .
- عيوب تنشأ أثناء تطبيق الطلاء .

[1]- تركيب الطلاء .

عيوب الطلاء عادة لا تصبح ظاهرة إلا بعد الحريق ولكن العديد منها يحدث قبل ذلك بسبب إختيار تراكيب غير مناسبة ، أونسب غير صحيحة من المواد الخام ، فعلى سبيل المثال نقص المواد اللدنة يساعد على سرعة ترسيب معلق الطلاء ، بينما وجودها بكمية كبيرة يسبب زيادة الإنكماش . ومثل هذه الأخطاء تكون سبباً فى عدم تناسب الجسم والطلاء مما ينتج عنه العديد من العيوب. (1)

وبشكل آخر فإن الصيغة الجزيئية لطلاء ما يمكن أن تكون هى نفس الصيغة للعديد من الطلاءات ولكن بمكونات مختلفة ، وغالباً ما يتغير سلوك الطلاء تبعاً للمواد الداخله فى تركيبه ، ويلاحظ ذلك أيضاً فى بدائل المصهرات التى تحدث بشكل طبيعى مثل الفلدسبارات "feldspars" والنيفلين سيانيت "Nepheline syenite"، وحجر الكورنيش "Cornish stone" ، والمادة الخام نفسها يمكن أن يتغير تركيبها نظراً لإختلاف مصدرها الطبيعى ، أوأن تكون من نفس المصدر أو المحجر ولكن من طبقات مختلفة .(2)

وهناك بعض التغيرات غير الملحوظة فى تركيب المواد الخام من تقلب الرطوبة ودرجات التلوث فى بعض المواد الخام ، فإختلاف محتوى المواد الخام من الرطوبة يمكن أن يغير من تركيب الطلاء ومن ثم يغير سلوكه ، كما أن الملوثات التى يمكن أن تحتويها المواد الخام تستلزم تخزين مواد الطلاء الخام منفصلة لضمان نقاؤها .(1)

[2]- الطحن غير الصحيح للطلاءات .

نظراً لأن كل طلاء له نعومة طحن قصوى يجب أن تتحقق فإن الطحن غير الصحيح يكون مصدر متكرر للعيوب .(1) فالطلاءات ذات الطحن الزائد "Over ground" سيكون إنتشارها أفضل فى معلق الطلاء . (3) كما أنها ستقاوم التصدع لأن الدرجات العالية من النعومة تساعد على إندماج حبيبات الكوارتز فى الطلاء المنصهر ، ولكن هذه الطلاءات أثناء الجفاف تكون عرضه للإنكماش المفرط والتقشير وكأنها تجف على الجسم .(1)

1- Ref .27 Pp .415 2- Ref .15 Pp .42 3- Ref .15 Pp .43

وأثناء التناول يسهل إزالتها من على المنتج كما أنها تكون أكثر عرضة للتلوث . بالإضافة إلى ذلك فإنها ربما تتجمع أثناء الحريق وبخاصة إذا كان الطلاء يحتوى على أكسيد الزيركونيوم كمادة عتامه. (1) ومثل هذه الطلاءات تميل للتميؤ أيضاً وتقاوم فقد ماء التميؤ وبذلك يكون الطريق ممهداً لظهور الفقاعات "Bubbles" والحفر "Pits" .(2).

والطلاءات المطفأة الناعمة جداً ربما تصبح أكثر لمعاناً بدرجة طفيفة إذا تم حريقها فى درجة حرارة أعلىقليلاً . (1)

أما الطلاءات التى يكون طحنها خشناً "under ground" فإن الحبيبات الخشنة الموجودة فيها تأخذ وقت أطول حتى تذوب أثناء الحريق ، ويكون هناك الكثير من فقاعات الغاز فى الطلاء التى ستسبب ثقوباً pinholing إضافية كما تعمل على تغيير مظهر اللون في الطلاء المحروق . (3) كما أن وجود حبيبات الكوارتز غير المنصهرة فى هذه الطلاءات يؤدى إلى نقص فى درجة نعومة سطح "smoothness" الطلاء الناضج .(2).

[3]-الترسيب فى معلق الطلاء .

إن العزل والترسيب فى معلق الطلاء يؤدى إلى الحصول على طلاءات غير متجانسة وغير مستوية نظراً للتغيرات التى تحدث فى كثافة معلق الطلاء والتى يكون سببها إما التركيب ، أو الإعداد والتحضير ، أوالتخزين ، أوعملية التطبيق نفسها .

فالطلاءات ذات المحتوى القلوى العالى والتي لم يسبق صهرها بشكل كافي تكون عرضه للترسيب ، بينما في الطلاءات سابقة الصهر فإن نقص المواد الخام اللدنه يؤدى إلى الترسيب السريع للحبيبات ، أما فى الطلاءات الخام يمكن أن يحدث الترسيب نتيجة للطحن غير الكافى للمكونات غير اللدنة .(4) إذ أن الطلاءات التى يكون طحنها خشناً تميل لأن تترسب بشكل سريع ، وطبقة الطلاء يمكن أن تكون غير منتظمة بعد التغطيس. (3)

ويؤثر نوع الحاويات "Containers" على ترسيب المعلق فالطلاءات السائلة التى يتم تخزينها فى حاويات معدنية يمكن أن تترسب بعيداً عن المعلق بشكل سريع أكثر منه إذا تم تخزينها فى حاويات خشبية أو بلاستيكية . وهذه الظاهرة تنشأ من التسرب الإليكترونى والذى يمكن أن يتقدم بسرعة أكبر مع الحاويات المعدنية ، وهذه خاصية حقيقية للحاويات المعدنية المطلية بالمينا "enameled" فعلى سبيل المثال ، مع مينا الحديد "enameled iron" يوجد إختلاف كبير فى الجهد الكهربائى بين المعدن وطبقة المينا ، فالأخيرة تشحن سلبياً . وهذا يعنى عدد كبير من الأيونات السالبة يمكن توافرها بسبب الإنتقال أو التبادل من سطح المينا. (5)

1- Ref .15 Pp .43   2- Ref .27 Pp .415   3- Ref .15 Pp .44
4- Ref .27 Pp .416   5- Ref .15 Pp .45

وتجمع الطلاء "segregation" أثناء التطبيق يمكن أن يرد إلى درجة مسامية الجسم الذى يتم التطبيق عليه ، فالأجسام الكثيفة تأخذ وقت أطول حتى تمتص الماء من معلق الطلاء وبالتالى تعطى فرصة لحبيبات الطلاء الثقيلة أن تستقر فى قاع طبقة الطلاء بينما الحبيبات الدقيقة تبقى فى سطح طبقة الطلاء أو بالقرب منها ، بينما الاجسام المسامية التى تمتص الماء بشكل سريع من معلق الطلاء يحدث فيها العكس فالحبيبات الدقيقة تلتف حول الجسم ، والحبيبات الخشنة تبقى فى أوبالقرب من سطح طبقة الطلاء .

وإجراء عملية التطبيق نفسها يمكن أن يبدأ الظروف التى تقوى العزل فى طبقة الطلاء ، ففى المصانع عندما تمر البلاطات خلال ماكينة الترجيج على سير ناقل له ذبذبة عالية فإن حبيبات الطلاء الثقيلة تميل للترسيب والنتيجة المحتملة هى ظهور عروق فى الطلاء الناضج .

الطلاءات منخفضة الإنصهار "Low-melting" تقوى الظروف التى تؤدى إلى الترسيب السريع والعزل ، نظراً لأن بعض مكونات الطلاء تستقر بسرعة أكثر من غيرها فإن تركيب الطلاء يتغير والتأثير المرغوب لا يتم تحقيقه بالحريق ، كما أنها تنتشر على الجسم فى طبقة رقيقة معطية المنتج النهائى مظهر جاف وباهت .(1)

<u>عيوب تنشأ أثناء تطبيق الطلاء .</u>

ــ عند وجود غبار أو تلوث عرضى على سطح القطعة سيعجز الطلاء على أن يخترق البقع المتربة أوالملوثة وتكون النتيجة هى بعض المساحات غير المطلية على المنتج ، ويمكن أن تكون تلك المساحات محاطة بأنواع أخرى من العيوب .

ــ إذا كان معلق الطلاء أدفأ من المنتج الذى سيتم طلاؤه فسيكون هناك هواء محاصر بين الطلاء و السطح الصلب للمنتج ، وخلال الحريق يتمدد هذا الهواء ويسبب ظهور الفقاقيع .

ــ التطبيق غير المتجانس يمكن أن يسبب عيوباً إضافية – على سبيل المثال- عند إجراء عملية التغطيس بشكل غير صحيح تنتج حزوزاً على هيئة عروق أكثر سمكاً من الطلاء تظهر بعد الحريق.

ــ يمكن أن تظهر طبقة الطلاء غير مستوية نتيجة لقدرة الأجسام المنخفضة على الإمتصاص ويمكن أن يظهر الجسم إمتصاصاً ضعيفاً للطلاء نتيجة لوجود الأملاح التي تتركز كثافته على سطح الجسم خلال حريق البسكويت ، أونتيجة لإرتفاع درجة حرارة حريق الجسم البسكويتى. (1)

1- Ref .27 Pp .417

الباب الثالث

خامات وأكاسيد الطلاءات الزجاجية المستخدمة فى مجال الدراسة

أولاً:- المواد الخام المستخدمة فى الدراسة

ثانياً:-الأكاسيد ووظيفتها فى تكوين الطلاءات الزجاجية

أولاً:- المواد الخام المستخدمه فى مجال الدراسة.

تتركب الطلاءات الزجاجية من مواد خام مختلفة ، وكل مادة خام تتكون من أكسيد أوأكثر تبعاً لتركيبها الكيميائى ، ولهذا فطبقة الطلاء الزجاجى فى صورتها النهائية عبارة عن مجموعة من الأكاسيد تفاعلت مع بعضها بالمعالجة الحرارية التى أدت إلى إنصهارها داخل الشبكة الزجاجية لطبقة الطلاء . وهناك بعض المواد الخام التى تعطى أكسيد واحد فقط فى الطلاء النهائى مثل الحجر الجيرى "Whiting" الذى يعطىأكسيد الكالسيوم CaO ، أما بعض المواد الخام الأخرى قد تعطي أكاسيد مختلفة مثل الفلدسبار الذي يعطي ثلاثة أكاسيد والنيفلين سانيت يعطى أربعة أكاسيد .

ويمكن صنع الطلاء من مواد خام شائعة ويسهل الحصول عليها ومعظم طلاءات الحريق العالى الشيقة يدخل في تركيبها خامات الفلد سبار ، الفلنت ، الحجر الجيرى ، والطينة.(1)

وسوف أتناول بشيء من التفصيل أهم المواد الخام التى لها دور مؤثر فى الحصول على نتائج تخدم هدف البحث وتلك الخامات هى الفلد سبار ، الدولوميت ، كربونات الكالسيوم ، التلك، كربونات المغنيسيوم ، كربونات البوتاسيوم ، كربونات الصوديوم ، حمض البوريك ، البوراكس ، الكوارتز .

الفلدسبار

يعتبر الفلدسبار أحد أهم مكونات الطلاءات وغالباً ما يستخدم في كل الطلاءات ، وفي حالة الطلاءات ذات الحريق العالى غالباً ما يكون الفلدسبار هو الخامه الأساسية والمصدر الرئيسى للمادة الصهارة . والفلدسبار هو أحد مكونات الجرانيت الذى يعتبر من أكثر الصخور شيوعاً وإنتشاراً .

ويتكون الفلد سبار من :-

أ ــ شق قلوى يتكون من الصوديوم ، البوتاسيوم ، الكالسيوم مفردة أومتحدة .

ب ــ شق متعادل يتكون من الألومينا .

ج ــ شق حامضي يتكون من السيليكا .(2)

1- Ref .26 Pp .104 2- Ref .26 Pp .106

والصيغ النقية للفلدسبار هى كالآتى :-

- ألبيت $Na_2O . Al_2O_3 . 6 SiO_2$
- أورثوكليز $K_2O . Al_2O_3 . 6 SiO_2$
- أنورثيت $CaO . Al_2O_3 . 2 SiO_2$
- سبوديومين $Li_2O . Al_2O_3 . 6 SiO_2$

- وهذه الصيغ تمثل التركيب النظرى لهذه المعادن .

وتعتبر الفلدسبارات هامة فى الطلاءات نظراً لأن نقطة إنصهارها منخفضة نسبيا ولإحتوائها على قلويات الصوديوم والبوتاسيوم فى صورة غير قابلة للذوبان ، ولذلك فالفلدسبار يعتبر نوع من أنواع الفريت الطبيعى . وتنصهر بعض الفلدسبارات بمفردها بدون إضافة أى مادة أخرى عند حـــوالى 1250 °م . وعند إضافة السيليكا في صورة كوارتز ، أو الدولوميت ، أوالحجر الجيرى ، أوالتلك تنخفض نقطة إنصهار الفلدسبار حوالى 50 °م أو أكثر . وهذه الطبيعة الإنصهارية للفلدسبار ترجع إلى محتواه من اكاسيد الصهارة مثل الصوديوم، البوتاسيوم، أو الليثيوم.

إن الطلاءات ذات المحتوى العالى جداً من الفلدسبار يكون لها قابلية للتصدع "crazing" تبعاً لكمـــية الصـــوديوم أوالبوتاســـيوم الموجوده بها وغالباً ما يكون لهذه الطلاءات مظهر حليبى نصـــف معـــتم "semiopaque" جـــذاب جداً .(1)ومن أنواع الفلدسبارات التى سنوجه إليها الإهتمام نظراً لإستخدامها ضمن خامات البحث:-

1 - الألبيت (الفلدسبار الصوديومى)

2 - الأورثوكليز (الفلدسبار البوتاسيومى)

1 - الألبيت (الفلدسبار الصوديومى) $Na_2O . Al_2O_3 . 6 SiO_2$

يعتبر الألبيت هو ثانى أشهر أنواع الفلدسبار ويستخدم الألبيت مثل الأورثوكليز كماده صهارة فى الجسم والطلاء ويسمى أحيانا بالفلدسبار الأبيض نظراً لإختلافه فى اللون عن الأورثوكليز الذى يكون فى الغالب وردى اللون .ويبدأ الفعل الصهار للألبيت عند 800 °م ويبدأ فى التطاير عند 1200 °م ونقطة إنصهاره 1170 °م ، ويستخدم فى مدى من درجات الحرارة

1- Ref .26 Pp .106

يـبدأ مـن 900 °م حتى 1200 °م فى الجسم أو الطلاء ، وعندما يكون متحداً مع الأورثوكليز يساعد على تدفق الطلاء بدون أن يؤثر على إستقراره . وبالحريق أعلى من 1200 °م الطلاءات التى بها نسبة كبيرة من الألبيت تكون عرضه لظهور الفقاقيع نظراً لتطاير الصودا .

وتحدث بعض الإختلافات اللونية عند إستخدام الألبيت بدلاً من الأورثوكليز – على سبيل المثال – يصبح الأزرق الناتج من أكسيد الكوبالت بنفسجى قليلاً ، ويصبح الأخضر الناتج من النحاس مائلاً للأزرق . (1)

2 – الأورثوكليز (الفلدسبار البوتاسيومى). $K_2O . Al_2O_3 . 6 SiO_2$

يعتبر الأورثوكليز هو أشهر أنواع الفلدسبارات ويستخدم كمادة صهاره فى الأجسام وكمكون أساسى فى الطلاءات ونقطة إنصهاره حوالى 1530 °م .

ويفضل إستخدام الأورثوكليز فى الطلاءات التى تحرق فوق درجة 1200 °م ، نظراً لأن محتوى أكسيد البوتاسيوم لا يكون عـرضه للتطـاير مثل محتـوى أكسيد الصوديوم فى الألبيت أو حجر الكورنيش cornish stone .(2)

الكاولين . $Al_2O_3 .2SiO_2 .2H2O$

تستخدم الطينة فى الطلاءات كمصدر لأكسيد الألومينيوم ، وعادة ما يستخدم الكاولين لأنه خالى نسبيا من الحديد فلا يعطى الطلاء أى لون . وعند إستخدام الكاولين فى الطلاء كمصدر لأكسيد الألومنيوم يساهم محتواه من السيليكا ضمناً فى تركيب الطلاءات .

ويعطى الكاولين للطلاء الخام بعض الخواص الفيزيائية المرغوب فيها ، فهو يعمل كمساعد للتشتت فى معلق الطلاء الخام مما يساعد على إبقاء المكونات الأخرى للطلاء بلا ترسيب ، كما يعطى طبقة الطلاء الخام فوق المنتج متانة تجعلها أقل عرضه للتلف والخسارة أثناء وضع القطعه فى الفرن . (3)

الدولوميت:- $(CaMg). CO_3$

هو مادة خام طبيعية تحتوى على كل من كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم فى أجزاء متكافئة ويستخدم الدولوميت عندما يدخل أكسيد الكالسيوم وأكسيد المغنيسيوم فى (4) تركيبة الطلاء ويعمل الدولوميت فى درجات الحرارة العالية كماده صهارة ومساعد تبللر، ولا يصل إلى أقصى فاعلية كمصهر إلا بعد درجة حرارة 1170 °م ، وإذا كان الطلاء يحتوى على نسبة كبيرة من الدولوميت

1- Ref.19 Pp.4 2- Ref.19 Pp.244 3- Ref.26 Pp.106 4- Ref.26 Pp.108

ستتشكل بللورات أثناء التبريد فى الطلاء مما يعطي التأثير المتبلر المعروف .ويؤدى وجود الدولوميت فى الطلاء إلى الحصول على سطح مطفأ زبدى أو كريمى اللون . هذا السطح المطفأ يتكون بسبب تشكيل بللورات من سيليكات الكالسيوم والمغنيسيوم في الطلاء نظراً لإحتواء الدولوميت على الكربونات المزدوجة للكالسيوم والمغنسيوم والتى تتحلل أثناء الحريق لتعطى أكسيد الكالسيوم وأكسيد المغنسيوم . هذا الفعل كماده صهاره يشكل السيليكات التى تؤدى إلى إطفاء سطح الطلاء أثناء التبريد .(1)

التلك $3MgO.4\ SiO_2.\ H2O$

هو الإسيتاتيت أو سيليكات المغنسيوم وهومعدن طبيعى غير ذائب فى الماء . ويدخل فى تركيب الطلاءات ليمدها بأكسيد الماغنسيوم والسيليكا .

ويعتبر معدن مفيد للطلاءات التى تنضج فوق درجة حرارة 1000 °م وذلك لأنه يتفكك عند درجة حرارة 900 °م إلى أكسيد الماغنسيوم الحر والسيليكا الحرة والماء . ويستخدم التلك للحصول على سطح معتم أو سطح مطفأ .(2)

الحجر الجيري (كربونات الكالسيوم) $CaCO_3$.

هى أحد مركبات الكالسيوم المستقرة غير الذائبة فى الماء وتستخدم لتقديم أكسيد الكالسيوم فى الأجسام والطلاءات .

تتفكك كربونات الكالسيوم عند درجة حرارة 890 ° م لتعطى أكسيد الكالسيوم وثانى أكسيد الكربون الذى يتصاعد بدون أى صعوبة تاركاً أكسيد الكالسيوم فى الجسم أوالطلاء .(3)

المجنيزيت (كربونات الماغنسيوم) $MgCO_3$

تستخدم كمصدر لأكسيد الماغنسيوم فى الطلاءات وتتفكك كربونات المغنسيوم عند درجة حرارة 530 °م لتعطى أكسيد المغنسيوم وثانى أكسيد الكربون ويعتبر أكسيد المغنسيوم ماده حرارية جداً وإحدى مساعدات العتامة opacifier فى الطلاء ، وفوق 1170 °م يصبح مصهر نشط وبالتالى فإنه يعمل على تشكيل السيليكات التى إذا كانت موجودة بقدر كافى ستتبلر عند التبريد لتعطى عتامه مطفأه .(4)

1- Ref.19 Pp.104   2- Ref.19 Pp.315   3- Ref.19 Pp.46   4- Ref.19 Pp.205

كربونات البوتاسيوم K_2CO_3

هى رماد اللؤلؤ أو البوتاس الحقيقى ، وهى ملح له قابلية عالية للذوبان فى الماء ولذلك يستخدم فى صورة مادة سابقة الصهر . أثناء الحريق وعند درجة حرارة 900 ° م تتفكك لتعطى أكسيد البوتاسيوم الذى يعمل كمصهر في وجود المكونات الأخرى ويتصاعد ثانى أكسيد الكربون .(1)

كربونات الصوديوم Na_2CO_3

هى رماد الصودا أوملح الصودا ، وهى مصدر رئيسى لأكسيد الصوديوم فى الطلاءات ، ولها قابلية عالية للذوبان فى الماء وبالتالى فهى تستخدم فى صورة طلاء سابق الصهر" Frit ". وتستخدم متحده مع سيليكات الصوديوم كمواد مشتته فى طينات الصب .(2)

حمض البوريك $B_2O_3 . 3H_2O$

هو مصدر لأكسيد البورون فى الطلاءات ولكنه مصدر قابل للذوبان فى الماء ولذلك يستخدم فى صورة مادة سابقة الصهر "frit" مع السيليكات .(3)

البوراكس $Na_2O.2B_2O_3 . 10H_2O$

يعتبر البواركس مصدر لكل من الصوديوم وأكسيد البورون فى الطلاءات ونظراً لاحتوائه على أكسيد البورون فهو يستخدم فى طلاءات الحرارة المنخفضة الخالية من الرصاص ، وللبوراكس قابلية عالية للذوبان فى الماء ، وبالتالى فإنه يدخل فى تركيب الطلاءات على هيئة ماده سابقة الصهر "frit". (4)

الكوارتز $SiO2$

يعتبر الكوارتز أكثر المعادن شيوعاً فى القشرة الارضية ويمثل جزءاً كبيراً من معظم الصخور النارية ، ويستخدم الكوارتز كمصدر للسيليكا فى الصناعات الخزفية . وهومادة حرارية ذات نقطة إنصهارعالية 1713 °م . (5) ويستخدم الكوارتز فى تركيب الطلاءات الزجاجية ونظراً لأنه يتكون من 100 % سيليكا فإن إضافته إلى معظم الطلاءات ترفع نقطة إنصهارها وتزيد مقاومة الطلاء النهائى للإحتكاك وتحسن درجة تزججه .(6)

1- Ref.19 Pp.250 2- Ref.19 Pp.304 3- Ref.26 Pp.33
4- Ref.26 Pp.32 5- Ref.26 Pp.35 6- Ref.19 Pp.258

ثانياً:- الأكاسيد ووظيفتها فى تكوين الطلاءات الزجاجية:-

معظم المواد الأرضية بما فيها تلك التى تستخدم فى الطلاءات الزجاجية تكون على هيئة أكاسيد . والطلاء الزجاجى فى صورته النهائية – المحروق – هو مزيج أوخليط من عناصر مختلفة كلها على هيئة أكاسيد .

ويمكن تعريف الأكسيد بأنه إتحاد كيميائى لأى عنصر مع الأكسجين ، والأكسجين عنصر متوفر بكثرة ، وعلى مدى العصر الجيولوجى فإن معظم العناصر على سطح الأرض إتحدت مع الأكسجين ، وفى بعض الحالات إستغرق هذا الأمر فترات لانهائية من الوقت ليحدث التأكسد ولكن مع بعض العناصر الأخرى كان التأكسد يحدث سريعاً ، مثل أكسد السيليكون ، وهو عنصر غير مستقر فى وجود الاكسجين .

والأكسدة مثل معظم التفاعلات الكيميائية تصبح أكثر سهولة بالحرارة . وعندما كانت القشرة الأرضية ما زالت ساخنة فإن تأكسد العناصر التى تكونها كان أكثر سرعة مما لو كانت الحرارة أقل . ولهذا السبب فإن كل المواد الأرضية تكاد تكون أكاسيد . (1)

إن دراسة الطلاءات والتحكم فيها تصبح أكثر بساطه وأقرب إلى الفهم إذا نظرنا إلى الطلاء فى حالته النهائية المحروقة المنصهرة بدلاً من النظر إليه قبل الحريق . فعند تسخين الطلاء وإنصهاره يكون مكوناً من عناصر على هيئة أكاسيد ، والعلاقات بين هذه الأكاسيد المتنوعة – أي كمياتها النسبية ، وتأثير كل منها على الأخر أثناء الإنصهار–هى ما نهتم به فعلياًعند تركيب الطلاءات . ويجب أن نتذكر الإختلاف بين تلك الأكاسيد فى الطلاء الناضج وبين المواد الخام التى نؤلف بينها لعمل الطلاء لأن الكثير من خامات الطلاء يكون بها أكثر من أكسيد واحد .

أكاسيد الطلاء :-

وفيما يلى قائمة بالأكاسيد شائعة الإستخدام فى الطلاءات الزجاجية :-

1- أكسيد الصوديوم Na_2O

2- أكسيد البوتاسيوم K_2O

3- أكسيد الكالسيوم CaO

4-أكسيد المغنسيوم MgO

1- Ref .26 Pp .85

5- أكسيد البورون	B_2O_3
6- أكسيد الالومينيوم	Al_2O_3
7- ثانى أكسيد السيليكون	SiO_2
8- أكسيد الرصاص	PbO
9- أكسيد الباريوم	BaO
10- أكسيد الليثيوم	Li_2O
11- أكسيد الاسترنشيوم	SrO
12- أكسيد الانتيمون	Sb_2O_3
13- أكسيد الزنك	ZnO
14- أكسيد التيتانيوم	TiO_2

ويمكن عمل تكوينات لا نهائية من الطلاءات الزجاجية بإستخدام بعض هذه الأكاسيد

ومعظم الأكاسيد السابقة والتى تكون الطلاء الزجاجى لا تعطى ألواناً للطلاء – فيما عدا- أكسيد الرصاص الذى يعطى لون أصفر باهت ، وإتحاد الرصاص والانتيمون الذى يعطى اللون المعروف بإسم أصفر نابولى .(1)

ويمكننا تصنيف الأكاسيد المكونة للطلاء إلى ثلاث فئات :-

(أ) – **الأكاسيد القاعدية** :- هى الأكاسيد التي تتحد مع السيليكا وحمض البوريك لتكون سيليكات وبورات والتي تعتبر المكون الأساسي للطلاء . والأكاسيد القاعدية كلها بلا استثناء مساعدات صهر ، وتشمل الأكاسيد القلوية السائلة جداً مثل أكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم وكذلك المصهرات الأكثر مقاومة للحرارة مثل الكالسيوم .

(ب) – **الأكاسيد المتعادلة** :- الألومينا هى الأكسيد المتعادل الوحيد الذى يستخدم فى صناعة الطلاء الزجاجي .

(جـ) – **الأكاسيد الحامضية** :- مثل السيليكا وأكسيد البورون . (2)

1- Ref .26 Pp .86 2- Ref .17 Pp .23

[أ] الأكاسيد القاعدية :-

1ـ أكسيد الصوديوم Na_2O

ـ معامل التمدد الحراري Thermal Expansion Coefficient : 10.0 (1)

ـ الوزن الجزيئي Molecular Weight : 62

ـ درجة الإنصهار Fusion Point : 800 °م (2)

ـ أكسيد الصوديوم نشيط جداً كيميائياً ويعمل فى الطلاءات كمساعد صهر قوى ، ويستخدم أكسيد الصوديوم على نطاق واسع فى الطلاءات التى تحرق عند مدى ضيق من درجات الحرارة .

ـ والطلاءات المحتوية على كمية كبيرة من أكسيد الصوديوم يمكن أن تكون ذات ألوان براقة عند إضافة الأكاسيد المعدنية الملونة إليها . فوجود أكسيد الصوديوم يعطى اللون قوة وبريقاً . وأحد أهم الأمثلة على هذا هو اللون الأزرق التركوازى الذى ينتج من إضافة أكسيد النحاس إلى طلاء ذو محتوى عالى من أكسيد الصوديوم ، وما نسميه بالأزرق المصرى ما هو إلا نتاج لهذا الإتحاد . (3)

ـ ويعتبر أكسيد الصوديوم له أعلى معامل تمدد حرارى بالنسبة لكل الأكاسيد المكونة للطلاء ووجوده فى الطلاء يعنى إرتفاع معدل إنكماش الطلاء بشكل نسبى مع كمية أكسيد الصوديوم الموجوده فيه . والطلاء الذى يعتمد بشكل أساسى على أكسيد الصوديوم كمساعد صهر حتماً سيتشقق craze ، نظراً لأن معدل التمدد وبالتالى معدل الإنكماش فى الطلاء سيكون أكبر من معدلات التمدد والإنكماش فى الجسم .(4)

ـ ومن عيوب أكسيد الصوديوم أن وجوده فى الطلاءات يؤدي إلى ميلها لأن تكون لينة ، ويسهل خدشها وتآكلها ، وكذلك يكون لها قابلية للذوبان فى الأحماض وتؤثر فيها عوامل التجوية المختلفة (3)

ـ وتوجد ثلاث معادن طبيعية تحتوى على أكسيد الصوديوم فى صورة غير قابلة للذوبان. وهى الألبيت ، والنيفلين سيانيت ، والكريوليت . يستخدم الكريوليت غالباً فى صناعة المينا enamels المتزججة ، أما الألبيت والنيفلين سيانيت فلهما إستخدامات واسعة فى الأجسام والطلاءات الخزفية . (4)

1- Ref.5 Pp.163 2- Ref.6 Pp.57 3- Ref.26 Pp.89 4- Ref.19 Pp.304

2 ـ أكسيد البوتاسيوم K_2O

ـ معامل التمدد الحراري Thermal Expansion Coefficient : 8.5 (1)

ـ الوزن الجزيئي Molecular Weight : 94.2

ـ درجة الإنصهار Fusion Point : 750 °م (2)

ـ يســلك أكسيد البوتاسيوم سلوكاً مشابه لسلوك أكسيد الصوديوم فى الطلاء لدرجة أنهما يوصفان بالرمز [KNaO] والذى يعنى مزيجاً من الصوديوم والبوتاسيوم بأى نسبة .

ـ معامل التمدد الحرارى للبوتاسيوم أقل بدرجة ضئيلة من معامل التمدد الحرارى للصوديوم ، ومع ذلك فما زال معامل التمدد للبوتاسيوم مرتفعاً نسبياً ويسبب التشقق "Crazing" .

ـ وللبوتاســيوم نفس مزايا وعيوب الصوديوم تقريباً ، فالإستجابة اللونية للبوتاسيوم تشبه الإســتجابة اللونية للصوديوم مع وجود بعض الإختلافات فى اللون تتوقف على زيادة كمــية أي مــنهما فى المخلوط . فعلى سبيل المثال ، وجود أكسيد المنجنيز فى طلاء صــوديومى يعطى لون ارجوانى مائل للإحمرار بينما فى وجود البوتاسيوم يعطى لون إرجوانى مائل للزرقة .

ـ ويعتبر البوتاسيوم مصهر نشط جداً عند كل درجات الحرارة والمصدر الطبيعى الوحيد له هو الفلدسبار البوتاسيومى (أورثوكليز) .(3)

ويجدر بنا الاشارة فى هذا الصدد إلى الإصطلاح بوتاس "Potash" والذى عادة يعنى أكسيد البوتاسيوم وهو تعريف خطأ ، إذ أن مصطلح بوتاس يعني كربونات البوتاسيوم أما مصطلح بوتاسا "Potassa" فهو يعنى أكسيد البوتاسيوم .(4)

3 ـ أكسيد الكالسيوم CaO

ـ معامل التمدد الحراري Thermal Expansion Coefficient : 4.4 (1)

ـ الوزن الجزيئي Molecular Weight : 56.1

ـ درجة الإنصهار Fusion Point : 2572 °م (5)

1- Ref.5 Pp.163 2- Ref.6 Pp.56 3- Ref.26 Pp.89

4- Ref.19 Pp.250 5- Ref.6 Pp.54

– يستخدم أكسيد الكالسيوم فى درجات الحرارة المنخفضة كمادة مالئة فى الاجسام والطلاءات أما فى درجات الحرارة العالية فهو يعمل كمادة صهارة فى الطلاءات .

– نقطة انصهار معدن الكالسيوم 852 °م بينما نقطة أنصهار أكسيد الكالسيوم 2570 °م .

– يمكن تقسيم تفاعلات أكسيد الكالسيوم فى الطلاءات عند درجة 1100 °م .تحت 1100 °م لا يعتبر أكسيد الكالسيوم مصهر نشط بالرغم من أن الكميات الصغيرة أحياناً تعطى تفاعلاً محدوداً ، ولكن بشكل عام سنجد أنه يعمل كمادة مقاومة للإنصهار Anti- flux ، ولكن هذا الفعل لا يكون قوياً إذ أنه فى المصهور الزجاجى مع أكسيد الصوديوم ، وأكسيد البوتاسيوم ، وأكسيد الرصاص يعطى للطلاء صلابة ومقاومة للأحماض ويقلل قابلية الذوبان ، ويؤدى أيضا إلى ثبات إتحاد الصودا – السيليكا .

– أكثر من 10% من أكسيد الكالسيوم فى المخلوط يمكن أن تمتص فى طلاءات الخزف الأرضى مع فقد القليل من اللمعان وتحسن كبير فى المتانة . أما إذا زادت نسبة وجوده فى طلاءات الخزف الأرضى عن 35 % فإنه يعمل على تشجيع نمو البللورات في الطلاء أثناء التبريد .

– يجعل أكسيد الكالسيوم الطلاءات الرصاصية أكثر عرضة للتشقق Craze ولكنه يزيد مقاومة التشقق فى الطلاءات ذات المحتوى العالى من الصوديوم والبوتاسيوم .

أما فى طلاءات أكسيد البورون فإنه يؤدى إلى تشجيع نمو بلورات الكالسيوم غير الشفافة ليعطى مسحة لبنية معتمة للطلاء بدون أن يفسد اللمعان العالي لطلاءات أكسيد البورون .(1)

– ويبدأ الفعل الصهار لأكسيد الكالسوم عند 1100 °م ومن هذه الدرجة إلى درجات الحرارة الأعلى يكون مصهر نشط وفعال لكل الطلاءات فى كل درجات الحرارة وفى كل الأجواء

– تنخفض نقطة إنصهار أكسيد الكالسيوم مع السيليكا فقط ، بحيث يكون إنصهاره عند درجة حرارة 1710 °م ولا يمكن أن يعطى زجاج منصهر تحت 1400 °م ولكن فى الإتحاد أوالتفاعل مع المصهرات الأخرى يمكن أن يعطى الكالسيوم سائل منصهر . (2)

1- Ref .19 Pp .44 2- Ref .19 Pp .45

ـ وللكالسيوم تأثير بسيط على الألوان التى نحصل عليها من الاكاسيد الملونة – ففى إختزال الطلاءات ذات الحرارة العالية– فإن اللون الأخضر المعروف باسم السيلادون Celadon يفضل إنتاجه فى وجود كمية كبيرة من أكسيد الكالسيوم فى الطلاء . (1)

ـ وعادة يدخل الكالسيوم فى الطلاءات على هيئة الحجر الجيرى "Whiting" الذي يتحلل عند التسخين وينطلق غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يمكن أن يُحدث فقاعات أوبثور فى الطلاء (وبخاصة طلاءات الحرارة المنخفضة) . ويستخدم الدولوميت بكثرة كمصدر لأكسيد الكالسيوم فى تركيبة الطلاء عندما تحتوى الخلطة على أكسيد المغنسيوم أيضاً . وهناك الأنورثيت "الفلدسبار الكالسيومى" ، والفلوروسبار "فلوريد الكالسيوم" إذا كان المطلوب كمية صغيرة منه ، والكوليمانيت أوبورات الكالسيوم إذا كانت تركيبة الطلاء تحتوى على أكسيد البورون أيضاً .(2)

4 ـ أكسيد الماغنسيوم MgO.

ـ معامل التمدد الحراري Thermal Expansion Coefficient : 0.1 (3)

ـ الوزن الجزيئي Molecular Weight : 40.3

ـ درجة الإنصهار Fusion Point : 2800 °م (4)

ـ يستخدم أكسيد المغنسيوم بشكل رئيسي كماده صهاره فى درجات الحرارة العالية . ولإنه مقاوم للحرارة بدرجة كبيرة فلا يستخدم بكثرة فى طلاءات الحريق المنخفضة فيما عدا لإكسابها العتامة والإنطفاء .

ـ عند إستخدام أكسيد الماغنيسيوم للحصول على سطح مطفأ فى درجات الحرارة المنخفضة يعمل كمادة عتامة ، أوكمادة محسنة للسطح أيضاً ، وعادة ما يدخل فى تركيب الطلاء على هيئة كربونات الماغنسيوم بنسبة 15 % تقريباً – وهذا القدر يكون إضافة إلى المصهرات العادية –وتتفكك كربونات الماغنيسيوم بالتسخين لتصبح أكسيد الماغنيسيوم الحراري وبعض من هذا الماغنيسيوم يذوب فى المصهور ولكن الغالبية تظل فى صورة معلقة ، وتكون النتيجة هى طلاء أبيض ، معتم ، مطفى وغالباً ما يكون غير ملون ، كما أنه لا يكون مثل الطلاء الذى يعتمد فى أطفاؤه وإعتامه على القصدير ، أوالتيتانيوم ، أوالزيركون .(5)

1- Ref.26 Pp.92 2- Ref.17 Pp.24 3- Ref.5 Pp.163
4- Ref.6 Pp.57 5- Ref.19 Pp.205

- وعند إستخدامه للحصول على سطح مطفأ فى درجات الحرارة العالية ، يعمل أكسيد الماغنيسيوم كمادة صهارة وكمادة عتامه وكمادة محسنه للسطح أيضاً . وعندما يوجد بقدر يزيد عن الكمية الضرورية للإنصهار الكامل للسيليكا فإن الكمية الفعليه من كربونات الماغنيسيوم فى خلطة الطلاء يمكن أن تكون بين 20 % ، 30 % والزيادة تظل موجودة فى الطلاء المنصهر وتساعد على وجود السيليكات البسيطة مع كميات منخفضة من السيليكا . ونظراً لوجود الأكاسيد القلوية بوفره ، يكون هناك إحتمال أن يكون من جزىء إلى ثلاث جزيئات سيليكا لكل وحدة قلوى يكون ذلك متشابك مع مصهور الألومينو سيليكات ويبقى فى الحاله السائلة ولكن السيليكات البسيطة تتبلر عند التبريد لتعطى سطح مطفى ومعتم .(1)

- فى الطلاءات ذات الحريق العالى يمكن أن يعطى أكسيد الماغنسيوم للطلاء سطحاً زبدياً ناعماً وبخاصة فى حريق الإختزال ، فإختزال الطلاءات ذات الحرارة العالية والمحتوية على أكسيد الماغنسيوم عادة ما تعطى سطحاً معتماً ناعماً كثيفاً ، وإضافة كمية كبيرة من أكسيد الماغنيسيوم تسبب جفاف الطلاء وربما تؤدى إلى التجميع أو الثقوب الإبرية فى الطلاء .

- وللماغنيسيوم أثره على الألوان ، فعند إضافة أكسيد الكوبالت إلى الطلاءات المحتوية على أكسيد الماغنسيوم يصبح اللون الناتج إرجوانياً بدلاً من اللون الأزرق المعتاد ، وعند درجة الحرارة المرتفعة جداً وحيث توجد كمية كبيرة من أكسيد الماغنسيوم فإن هذا اللون الإرجوانى يمكن أن يختلط بخطوط من الوردى أو الأحمر .(2)

<u>[ب] الاكاسيد المتعادلة .</u>

- أكسيد الالومنيوم Al_2O_3

- معامل التمدد الحراري Thermal Expansion Coefficient : 5.1 (3)
- الوزن الجزيئي Molecular Weight : 102
- درجة الإنصهار Fusion Point : 2040 °م (4)

- أن الدور الكبير الذى تلعبه الألومينا فى الطلاء وخواصه يكون من الأهمية بحيث نجدها تلى السيليكا فى الترتيب بالنسبة للأكاسيد الحيوية فى الطلاء . فالمخلوط البسيط من

1- Ref.19 Pp.205 2- Ref.26 Pp.92 3- Ref.5 Pp.163 4- Ref.6 Pp.53

المواد الصهارة والسيليكا يمكن أن ينتج طلاء ولكنه يميل إلى الإنصهار فجأه ، أوينتج مصـــهور ســـائل جـدا يكون عرضه لأن يسيل من على سطح المنتج أثناء الحريق ، ويمـــيل أيضــاً للتــبلور بسهولة أثناء التبريد. وإضافة الألومينا تجعل الطلاءات أكثر إســتقراراً عن طريق جعل المصهور أكثر لزوجه وبذلك تعوق فقدان الشفافية كما أنها تجعــل التغير من مرحلة التصلب إلى مرحلة السيولة أكثر تدرجاً أثناء إنصهار الطلاء ولذلــك فــإن الطلاء المنصهر يظل لزجاً فى مدى من درجات الحرارة يصل إلى مائة أومائتى درجة مئوية فوق النقطة التى كان سيسيل عندها الطلاء فوق سطح المنتج .

ـ وتبلغ نقطة إنصهار الألومينا 2040 °م ولذلك فإنها تجعل الطلاءات ذات صفات حرارية ولكنها فى نفس الوقت تعطى متانة ومقاومة كبيرة . وكقاعدة عامة تزيد النسبة المئوية للألومينا كلما زادت درجة حرارة الحريق .(1)

ـ ونجد أن مصدر الألومينا المطلوبة فى الطلاء يعتمد على درجة حرارة حريق الطلاء ، ففى الطلاءات ذات الحرارة المنخفضة يكون مصدر الألومينا هو الفلد سبار والذى يمكن إعتباره مادة حرارية فى هذه الطلاءات .

ـ أما فى طلاءات الخزف الارضى ، والخزف الحجرى ، والبورسلين فالمصدر الشائع للألومينا هو الكاولين ، أوهيدرات الألومينا $Al_2O_3. 3H_2O$ ، أوالألومينا المكلسة Al_2O_3 والصيغة الكيميائية للكاولين هى $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ ، والكاولين يقدم السيليكا أيضاً فى الطلاء ويعتبر هام بشكل خاص فى إبقاء الطلاء على هيئة معلق أثناء التغطيس .

ـ ويعتبر سلوك الألومينا قاعدى وحامضى معاً ، إذا أنها يمكن أن تتحد مع كل من الأكاسيد الحامضية – السيليكا أوأكسيد البورون ، وكذلك تتحد مع القواعد ، ولهذا السبب يشار إليها على أنها أكسيد متعادل (Amphoteric) . (2)

ـ إذا زادت الألومينا بقدر كبير فى الطلاء فإنها تجعله كثيف جداً وله توتر سطحى عالى ، بمعنى أن سطح الطلاء إذا حدث به كسر أوتصدع فإنه لا يزول أثره ولا يصبح مصقولاً ، وبالتالى فإن الحفر الناتجة من خروج الغازات تظهر على هيئة ثقوب إبرية فى الطلاء الناضج . ونظراً للتوتر السطحي العالى للطلاء اللزج فإن ذلك ينتج عنه طلاء به تجميع إذا ما حدث أى كسر فى سطح الطلاء الخام قبل الحريق .(3)

1- Ref.17 Pp.25 2- Ref.17 Pp.26 3- Ref.19 Pp.7

[جـ] الاكاسيد الحامضية:-

1 ــ أكسيد البورون B_2O_3

ــ معامل التمدد الحراري 0.1 : Thermal Expansion Coefficient

ــ الوزن الجزيئي 70 : Molecular Weight (1)

ــ درجة الإنصهار 700 °م : Fusion Point (2)

ــ إذا كان المطلوب إنتاج طلاء ذو درجة حرارة منخفضة فإن ذلك يستلزم إستخدام نسبة عالية من المواد الصهارة وذلك لصهر وإذابة الأكسيد الأساسي لتكوين الزجاج والذى يكون عادة السيليكا ، وإذا لم يكن من المتاح إستخدام أكسيد الرصاص فيمكن إستخدام أكاسيد الصوديوم ، والبوتاسيوم ، والكالسيوم ، والليثيوم ... الخ . وإحدى طرق تخفيض حرارة الحريق هى إحلال بعض السيليكا بمساعد تكوين الزجاج الآخر وهو أكسيد البورون الذى يكون – على خلاف السيليكا – مساعد صهر أيضاً .

ــ ولأكسيد البورون فعل مساعد على الصهر عند درجات الحرارة المنخفضة وأيضاً فإنه يكون البللورات التى تخفض تمدد الطلاء ولذا فله تأثير مقاوم للتشقق Crazing، ولكن عندما يستخدم بنسبة تزيد عن 15 % فى التركيبه ينعكس هذا التأثير ويعمل على تشجيع التشقق ، والكميات الكبيرة أيضاً تقلل مقاومة الطلاء للأحماض .

ــ أكسيد البورون يجعل الطلاءات أكثر ميلاً إلى فقدان الشفافية ، وبخاصة فوق أجسام التراكوتا والتى بسبب محتواها العالى نسبياً من الكالسيوم فإنها تسمح بتكوين بللورات من بورات الكالسيوم فى الطلاء المحروق إذا تم التبريد ببطء مما ينتج عنه لون أبيض مائل للزرقة . (3)

ــ وبالنسبة لتأثيره على الألوان ، نجد أن أكسيد البورون يزيد من تأثير الأكاسيد الملونه وفى هذه المقام يشبه أكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم . وفى وجود كمية صغيرة من الحديد سوف ينتج ألوان زرقاء لبنية Milky متلالئة ويمكن أن ينتج تأثيرات لونية ذات تكسيرات أو بقع لونية مع الأكاسيد الملونة الأخرى .(4)

1- Ref.5 Pp.163 2- Ref.19 Pp.34 3- Ref.17 Pp.26 4- Ref.26 Pp.94

ـ المصادر الشائعة إستخدامها لتقديم أكسيد البورون فى الطلاءات هو البوراكس "$Na_2B_2O_7.10H_2O$" – وحمض البوريك "$B_2O_3.3H_2O$" وهى مواد قابله للذوبان فى الماء .ويمكن أيضاً إستخدام الكوليمانيت كمصدر لأكسيد البورون وهى غير قابله للذوبان ولكنها دائماً ما يختلف تركيبها الطبيعي .(1)

2 ـ السيليكا SiO_2

ـ معامل التمدد الحراري Thermal Expansion Coefficient : 0.8 (2)

ـ الوزن الجزيئي Molecular Weight : 60

ـ درجة الإنصهار Fusion Point : 1710 °م (3)

ـ تعتبر السيليكا هى المكون الأساسى للطلاءات الزجاجية أما المكونات الأخرى التى تدخل فى تركيب الطلاء فتكون وظيفتها إما تعديل نقطة إنصهار الطلاء نحو درجة حرارة أقل ، أو إكساب الطلاء خاصية معينة أخرى مثل العتامة أو إنطفاء اللون والطلاءات ذات الحريق المنخفض تلك التى تنضج عند درجة حرارة 1050 °م أو أقل تحتوى على حوالى جزئين من السيليكا إلى جزىء واحد من المكونات الأخرى للطلاء متحدة ، وطلاءات الحريق العالى التى تنضج عند 1250 °م أوأعلى سوف يكون بها سيليكا بكمية تساوى ثلاثة أمثال أوأربعة أمثال المكونات الأخرى مجتمعه .(4)

ـ إن القشرة الارضية تتكون معظمها من السيليكا وهى حقيقة تبين الصلابة والبقاء ومقاومة التغيير الكيميائى أوالذوبان لهذا الأكسيد ، وهذه هى الخواص المرغوب فيها التى تضيفها السيليكا إلى الطلاءات ، والقاعدة العامة فى عمل الطلاءات هى أنه يجب أن نضيف كمية من السيليكا تكون كبيره بقدر الإمكان إلى الطلاءات ، فطلاءات الحريق العالى ذات صلابة فائقة مقارنة بطلاءات الحريق المنخفضة نظراً لأن كمية السيليكا التى تدخل فى تركيبها تكون أكبر .(4)

ـ تدخل السيليكا فى الطلاء بطريق غير مباشر عند إستخدام الكاولين ، أوالفلدسبار، أوحجر الكورنيش ، أوالنيفلين سيانيت .

1- Ref.17 Pp.26 2- Ref.5 Pp.163 3- Ref.6 Pp.58 4- Ref.26 Pp.88

وعادة يتم حساب مكونات الطلاء من الخامات سالفة الذكر بالقدر اللازم لإمداد الطلاء بالكميات المطلوبة من الألومينا ، الأكاسيد الأخرى أولاً ثم بعدها يتم إستخدام مصدر مباشر لإدخال الكمية المتبقية من السيليكا حسب تركيبة الطلاء .(1)

ـ وتوجد السيليكا فى الطبيعة على هيئة صخر الكوارتز "Quartz Rock" ، الكوارتزيت "Quarzite" ، الجانستر "Ganister" ، الحجر الرملي "Sand Stone" ، الرمل "Sand" ، الفلنت "Flint" ، الشيرت"Chert" والعديد من الأحجار التى تُدرج تحت مسمى الكوارتز وتحتوى كلها على شوائب بنسب متفاوته .(2)

وزيادة محتوى السيليكا فى الطلاء تعمل على الآتى:-

ـ رفع مدى النضج وذلك بجعل المصهور أكثر مقاومة للحرارة .

ـ زيادة لزوجة الطلاء (أى تقليل السيولة fluidity) .

ـ زيادة مقاومة الطلاء المحروق للكيماويات .

ـ زيادة قوة وصلابة الطلاء المحروق (نجد أن كمية السيليكا الكبيره فى طلاءات الخزف الحجرى والبورسلين مسئوله عن الصلابة والمتانة فيها مقارنة بطلاءات الحرارة المنخفضة .

ولزيادة محتوى السيليكا فى الطـــــلاء بعض العيوب منها: -

ـ خفض معامل التمدد الحرارى للطلاء بمعنى مقاومة التشقق .(3)

ـ تجعل مظهر الطلاء وكأنه غير ناضج Under fire عند درجة حرارته الفعلية .

ـ فقدان الشفافية أو تكوين بللورات فى الطلاء عندما يبرد .(4)

1- Ref.17 Pp.28 2- Ref.19 Pp.290 3- Ref.17 Pp.27 4- Ref.26 Pp.88

الباب الرابع

الطريقة العملية للحصول على التأثيرات الفنية محل الدراسة

أولاً:- حساب المعادلات الأولية الأساسية للبحث وتعديلاتها

ثانياً:- التطبيقات

ثالثاً:- التطبيقات الفنية

أولاً

حساب المعادلات الأولية الأساسية للبحث وتعديلاتها

حسابات التزجيج :-

جديـــر بالذكـــر أن أول مـــن طبق الطريقة العملية لفهم حسابات التزجيج كان العلم الألماني " هيرمان سيجر " " Herman Seger" (1839-1894) في القرن التاسع عشر .

فلقد أدرك فكرة التعبير عن خامات ومكونات الطلاءات الزجاجية في صورة معادلة كيميائية تكتب بنظام معين في مجموعات تمثل الشق القاعدي والشق الحامضي ، وأبسط تركيبة للطلاء تتمثل في المعادلة التالية :- $b\ SiO_2$ $a\ RO$ حيث a ,b نسب الأكاسيد الداخلة في تركيبة الطلاء .

ومجموعة RO تشمل الأكاسيد :- $PbO , K_2O , Na_2O , CaO , MgO , BaO , ZnO$

وفي حالة الطلاءات الملونة تضاف لها مجموعة الأكاسيد التالية :

CO , CuO , MnO , FeO

ولابــد أن يكــون مجمــوع أكاســيد هذه المجموعة يساوي الواحد الصحيح كأساس لمقارنة الطلاءات ببعضها أو مقارنة معادلة بأخرى .

وأكاســيد هــذه المجموعة تعمل عموماً كمادة صهارة وهي تشمل الأكاسيد القلوية والأكاسيد القلويـــة الأرضية ، والعلاقة العددية بين المادة الصهارة والسيليكا يتوقف عليها بريق ولمعان الطــلاء ، ولهــذا لابد من توحيد المعادلة بحيث يكون مجموع أكاسيد هذه المجموعة يساوي الواحد الصحيح . وتنسب كل أكاسيد المعادلة لهذا الواحد الصحيح .

_ ويلاحــظ أن مجموعـــة ال(RO , R_2O) أكاسيدها تتكون باتحاد ذرة من أكسيد عنصر فلزي ثنائي التكافؤ (أو ذرتين من عنصر فلزي أحادي التكافؤ مثل الصوديوم أو البوتاسيوم) مع ذرة من الأكسجين مثل PbO , K_2O وهذه المجموعة تمثل الشق القاعدي في المعادلة .

_ ومجموعة R_2O_3 يتحد فيها ذرتان من العنصر مع ثلاث ذرات من الأكسجين مثل Al_2O_3 وتمثل الشق المتعادل أو المتردد .

_ ومجموعـــة RO_2 يتحد فيها ذرتين من الأكسجين مثلSiO_2 وتمثل الشق الحامضي من المعادلة .(1).

1- Ref .5 Pp .137

وتكتب المعادلة بهذه الصورة :-

Network modifier	Intermediates	Network former
$RO\text{-}R_2O$	R_2O_3	RO_2
Na_2O	Al_2O_3	SiO_2
K_2O		B_2O_3
CaO		
MgO		
PbO		
FeO		
MnO		

والمعادلـــة التركيبـــية Empirical Formula الســابقة يمكن أن يطلق عليها أيضاً المعادلة المكافـئة Equivalent Formula ، وهي على صورتها هذه لاتعطينا أوزاناً بالجرام لخامات الطلاء التي نرغب في إستخدامها ، ولهذا لابد من تحويلها إلى تركيبة وزنية Glaze Recipe بالجرام لضبط نسب الأكاسيد والخامات المكونة للطلاء الزجاجي .(1)

(كما هو موضح في صفحة 102)

1- Ref .5 Pp .138

أولاً- الحسابات الخاصة بالطلاءات الزجاجية الخاصة بمجال الدراسة.

تعاملـــت الدارسة مع المعادلة الجزيئية التكافوئية "Seger Formula" على أساس التغيير في مجموعـــة الأكاسيد RO group نظراً لكونها هى المحرك الأساسي لترتيب الجزيئات داخل الشـــبكات الزجاجـــية التـــي كانت مجال البحث ، كما ترجع أهميتها إلى عدة عوامل تؤثر في نوعية الملامس الناتجة على أسطح الطلاءات الزجاجية منها :-

- معامل التمدد الحراري للطلاء الزجاجي وإختلافه عن الجسم المطبق عليه.
- قابلـــية الإنصـــهار "Fusibility" والتى تعني تكوين أكبر كمية من السائل الزجاجي المنصهر عند درجة التسوية النهائية .
- اللزوجة "Viscosity" .
- التوتر السطحي "Surface Tension" .
- الدرجات اللونية المتنوعة للطلاء الزجاجي .

كـــل تلك العوامل بالإضافة إلي تحديد درجة حرارة التسوية التي يتم عندها الحصول على الملامس الفنية التي نحاول الحصول عليها .

وقـــد تـــم إختيار خمسة معادلات أولية اساسية في مدى حراري متنوع يبدأ من 1100°م حتى 1230°م وذلك حتى تتم رؤية التأثيرات الفنية محل الدراسة في درجات الحرارة المختلفة.

المعادلات الأولية الأساسية هى:-

المعادلة الأولية (هـ) 1230°م

Network former RO_2

SiO_2	6.801
B_2O_3	0.020

Intermediates R_2O_3

Al_2O_3	0.693

Network modifier RO

Na_2O	0.013
K_2O	0.288
CaO	0.685
MgO	0.014

المعادلة الأولية(جـ) 1200°م

RO	
Na_2O	0.043
K_2O	0.260
CaO	0.649
MgO	0.048

R_2O_3	
Al_2O_3	0.676

RO_2	
SiO_2	6.399
B_2O_3	0.119

المعادلة الأولية (بـ) 1140°م

RO	
Na_2O	0.109
K_2O	0.198
CaO	0.571
MgO	0.122

R_2O_3	
Al_2O_3	0.639

RO_2	
SiO_2	5.320
B_2O_3	0.217

المعادلة الأولية (أ) 1100°م

RO	
Na_2O	0.157
K_2O	0.153
CaO	0.513
MgO	0.177

R_2O_3	
Al_2O_3	0.611

RO_2	
SiO_2	4.572
B_2O_3	0.314

المعادلة الأولية (د) 1100°م

RO

Na_2O	0.182
K_2O	0.130
CaO	0.484
MgO	0.204

R_2O_3

Al_2O_3	0.586

RO_2

SiO_2	4.199
B_2O_3	0.363

فـــي البداية تم عمل حلول مختلفة تعبر عن المعادلات الأساسية الخمسة بدون إجراء أي تغيير في نسب الأكاسيد ، ولكن مع إستخدام خامات مختلفة كمصدر للأكسيد الواحد ، نظراً لأنه كما تؤثـــر نسبة الأكسيد في المعادلة الأساسية على الطلاء الزجاجي الناتج فإن الخامة التي تستخدم مصدراً لهذا الأكسيد تؤثر أيضاً بشكل قوي على الطلاء الزجاجي النهائي.

ثم تم عمل تسعة تعديلات في المعادلات الأولية وهذه التعديلات كانت عبارة عن إحلال أكسيد محـــل الآخـــر أوإحلال عدة أكاسيد محل عدة أكاسيد أخرى في مجموعة "RO group" ، أو إجـــراء تغيـــيرات كاملة في نسبة كل أكسيد إلى الاخر مع إيجاد عدة حلول لكل معادلة أولية جديدة (بعد التعديل) بإستخدام مصادر مختلفة للأكاسيد المكونة لها.
ومجموعة التراكيب التي تم الحصول عليها (120) تركيبة وزنية تقريباً تم تقسيمها إلى خمسة مجموعات على أساس المعادلة الأولية الأساسية التي تنبثق منها تراكيب كل مجموعة ، وعلى أساس درجة حرارة الحريق التي تمت التسوية عندها .

ـــ ويوضح الرسم التخطيطي التالي ترتيب مراحل البرنامج التطبيقي للدراسة التجريبية .
ـــ وتوضـــح الجـــداول المرفقة صورة تفصيلية للبرنامج النظري الذي تم إتباعه ، والمعادلات الأولـــية الأساسية والتعديلات التي تم إجراؤها في كل معادلة على حدة ، وتوضح رقم العينة أوالعينات التي تعبر عن كل معادلة أولية أساسية أوعن المعادلات الأولية المعدلة .

رسم تخطيطي يوضح ترتيب مراحل البرنامج التطبيقي للدراسة التجريبية للبحث

المعادلات الأساسية

0

د	أ	ب	جـ	هـ

المدى حرارى

1100°م	1140°م	1200°م	1230°م

الإحلالات

9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
زيادة نسبة أكسيد الصوديوم وتقليل نسبة أكسيد الكالسيوم وتغيير نسب كل الأكاسيد تبعاً لذلك	زيادة نسبة أكسيد البوتاسيوم وتغيير نسب كل الأكاسيد تبعاً لذلك	K_2O محل MgO والعكس	تغيير نسب كل الأكاسيد	K_2O محل CaO & CaO محل MgO & MgO محل K_2O	Na_2O محل MgO والعكس	زيادة نسبة أكسيد الصوديوم وتغيير نسب كل الأكاسيد تبعاً لذلك	Na_2O محل K_2O والعكس	Na_2O محل CaO والعكس	

عدد العينات التي تعبر عن كل إحلال

7	6	8	12	11	5	10	5	13	43

عدد العينات الناجحة من كل إحلال

3	3	-	1	5	-	3	2	6	7

المجموعة:- (هـ) 1230° م

نسب الأكاسيد كمكافئات جزيئية Oxides as molecular equivalents								
الإحلال Relacment	رقم التجربة Test NO.	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	Al_2O_3	SiO_2	B_2O_3
0	10:1	0.013	0.288	0.685	0.014	0.693	6.801	0.020
1	15-14	0.685	0.288	0.013	0.014	0.693	6.801	0.020
2	16	0.288	0.013	0.685	0.014	0.693	6.801	0.020
3	17	0.020	0.286	0.680	0.014	0.688	6.754	0.013
4	18	0.014	0.288	0.685	0.013	0.693	6.801	0.020
5	20	0.013	0.685	0.014	0.288	0.693	6.801	0.020
6	19	0.018	0.027	0.936	0.019	0.947	9.290	0.393
7	12-11-13	0.013	0.014	0.685	0.288	0.693	6.801	0.020
8	21	0.020	0.680	0.286	0.014	0.688	6.754	0.013

المجموعة:- (جـ) 1200°م

نسب الأكاسيد كمكافئات جزيئية Oxides as molecular equivalents								
الإحلال Relacment	رقم التجربة Test NO.	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	Al_2O_3	SiO_2	B_2O_3
0	5:1	0.043	0.260	0.649	0.048	0.676	6.399	0.119
1	19-8-22	0.649	0.260	0.043	0.048	0.676	6.399	0.119
2	11-10	0.260	0.043	0.649	0.048	0.676	6.399	0.119
3	13-12	0.110	0.242	0.603	0.045	0.628	5.947	0.040
4	–	–	–	–	–	–	–	–
5	16-17-18	0.043	0.649	0.048	0.260	0.676	6.399	0.119
6	15-14	0.050	0.138	0.756	0.056	0.787	7.449	0.303
7	7-6	0.043	0.048	0.649	0.260	0.676	6.399	0.119
8	20-19	0.110	0.603	0.242	0.045	0.628	5.947	0.040

المجموعة:- (بـ) 1140°م

الإحلال Relacment	رقم التجربة Test NO.	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	Al_2O_3	SiO_2	B_2O_3
		نسب الأكاسيد كمكافئات جزيئية Oxides as molecular equivalents						
0	8:1	0.109	0.198	0.571	0.122	0.636	5.320	0.217
1	26-10	0.571	0.198	0.109	0.122	0.636	5.320	0.217
2	11	0.198	0.109	0.571	0.122	0.636	5.320	0.217
3	12	0.196	0.179	0.515	0.110	0.574	4.801	0.098
4	13	0.122	0.198	0.571	0.109	0.636	5.320	0.217
5	20-19 25-21	0.109	0.571	0.122	0.198	0.636	5.320	0.217
6	15-14 16- 18-17	0.107	0.213	0.560	0.120	0.624	5.220	0.194
7	9	0.109	0.122	0.571	0.198	0.636	5.320	0.217
8	22	0.196	0.515	0.179	0.110	0.574	4.801	0.098
9	24-23	0.336	0.189	0.169	0.306	0.985	8.235	0.884

المجموعة :- (أ) 1100°م

نسب الأكاسيد كمكافئات جزيئية Oxides as molecular equivalents								
الإحلال Relacment	رقم التجربة Test NO.	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	Al_2O_3	SiO_2	B_2O_3
0	10:1	0.157	0.153	0.513	0.177	0.611	4.572	0.314
1	19-11 21-20	0.513	0.153	0.157	0.177	0.611	4.572	0.314
2	–	–	–	–	–	–	–	–
3	13	0.271	0.132	0.443	0.153	0.528	3.952	0.136
4	14	0.177	0.153	0.513	0.157	0.611	4.572	0.314
5	16	0.157	0.513	0.177	0.153	0.611	4.572	0.314
6	15	0.135	0.270	0.442	0.152	0.526	3.938	0.132
7	12	0.157	0.177	0.513	0.153	0.611	4.572	0.314
8	17	0.271	0.443	0.132	0.153	0.528	3.952	0.136
9	18	0.392	0.221	0.196	0.191	0.763	5.708	0.640

المجموعة :- (د) 1100°م

نسب الأكاسيد كمكافئات جزيئية Oxides as molecular equivalents								
الإحلال Relacment	رقم التجربة Test NO.	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	Al_2O_3	SiO_2	B_2O_3
0	10:1	0.182	0.130	0.484	0.204	0.586	4.199	0.363
1	30-12	0.484	0.130	0.182	0.204	0.586	4.199	0.363
2	13	0.130	0.182	0.484	0.204	0.586	4.199	0.363
3	15-14 17-16-18	0.307	0.110	0.410	0.173	0.496	3.555	0.154
4	20-19-21	0.204	0.130	0.484	0.182	0.586	4.199	0.363
5	26-25	0.182	0.484	0.204	0.130	0.586	4.199	0.363
6	23-22-24	0.148	0.294	0.393	0.165	0.475	3.406	0.105
7	11	0.182	0.204	0.484	0.130	0.586	4.199	0.363
8	27	0.307	0.410	0.110	0.173	0.496	3.555	0.154
9	29-28	0.413	0.232	0.207	0.148	0.667	4.777	0.551

الطريقة الحسابية لتحويل القانون المكافئ للمعادلة الجزيئية إلى وزن كمي .

تم تحويل القانون المكافئ لكل معادلة جزيئية تكافوئية إلى وزن كمي بالطريقة الآتية:-

ـ **في الجدول الأول** :- يُكتب في العمود الأول منه المواد الخام المضافة كمكافئات وفي بقية الأعمدة تكتب الأكاسيد مع مكافئاتها المطلوبة. (1)

وكما هو موضح ، للحصول على مكافئ 0.013 من أكسيد الصوديوم
تم إستخدام الفلدسبار الصوديومي ورمزه الكيميائي " Na_2O . Al_2O_3 . $6Si_2O$ "
وهذا يعني إضافة النسب التالية إلى تركيبة الطلاء :- 0.013 من أكسيد الصوديوم ،
0.013 من الألومينا ، 6X0.013 من السيليكا .

وللحصول على مكافئ 0.288 من أكسيد البوتاسيوم
تم إستخدام الفلدسبار البوتاسيومي ورمزه الكيميائي " K_2O . Al_2O_3 . $6Si_2O$ "
وهذا يعني إضافة النسب التالية إلى تركيبة الطلاء :- 0.288 من أكسيد البوتاسيوم ،
0.288 من الألومينا ، 6 X 0.288 من السيليكا .
وبنفس الطريقة السابقة مع كل الخامات حتى تتحول كل الأكاسيد إلى خامات .

ـ **في الجدول الثاني**:- يتم ضرب مكافئ المادة الخام في وزنها المكافئ فنحصل على وزن المادة النسبي بالجرام الذي تم تحويله إلى نسبة مئوية .(2)

المعادلة الأولية هـ 1230°م

RO

Na_2O	0.013
K_2O	0.288
CaO	0.685
MgO	0.014

R_2O_3

Al_2O_3	0.693

RO_2

SiO_2	6.801
B_2O_3	0.020

1- Ref .9 Pp .49 2- Ref .9 Pp .50

المواد الخام المضافة كمكافئات	"Equivalents of oxides in glaze " مكافئات الأكاسيد فى مادة التزجيج						
Raw materials added,	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	Al_2O_3	SiO_2	B_2O_3
As equivalent	0.013	0.288	0.685	0.014	0.693	6.801	0.02
0.013	0.013				0.013	0.078	
Na-Feldspar							
Difference	0				0.688	6.723	
0.288		0.288			0.288	1.728	
K-Feldspar							
Difference		0			0.392	4.995	
0.014			0.014	0.014			
Dolomite			0.671	0			
Difference							
0.02							0.02
Boric Acid							
Difference			0.671				0
0.671							
Whiting			0				
Difference							
0.392					0.392	0.784	
Kaolim							
Difference					0	4.211	
4.211						4.211	
Quartz							
Difference						0	

المواد الخام Raw Materials	مكافىء المادة الخام المضاف Equiv added 1	الوزن المكافىء للمادة الخام Equiv wt 2	الأوزان النسبية بالجرام Relative wt.gm (3)=(1)*(2)	النسبة المئوية بالوزن Percent wt 3/593.567*100
Na-Feldspar	0.013	524.449	6.817	1.15
K-Feldspar	0.288	556.6734	160.321	27.01
Dolomite	0.014	184.4107	2.581	0.43
Boric Acid	0.02	123.66622	2.473	0.42
Whiting	0.671	100.08935	67.159	11.31
Kaolin	0.392	258.16148	101.199	17.05
Quartz	4.211	60.0848	253.017	42.63
			593.567	100

Na-Feldspar	1.15
K-Feldspar	27.01
Dolomite	0.43
Boric Acid	0.42
Whiting	11.31
Kaolin	17.05
Quartz	42.63
	100.00

الطريقة النظرية لحساب معامل التمدد الحرارى للطلاء .(1)

تم تعيين معامل التمدد الحراري لعينات البحث باستخدام الطريقة النظرية للحساب – كما هو موضح بالجدول المرفق – وهي طريقة غير دقيقة تماماً ولكنها تعتبر مؤشر لمعامل التمدد الحراري الحقيقي للطلاء .

وفيها تستخدم نسبة الأكاسيد في المعادلة الجزيئية للطلاء للحصول على معامل التمدد الحراري له كما يلي :

العمود الاول :– يمثل حاصل ضرب نسبة كل اكسيد فى المعادله الجزئية × الوزن الجزيئي له

العمود الثانى :–الصف الاول من هذا العمود يمثل نتيجة قسمة $\frac{S.F\ \ mol.wt}{Total} \times 100$

لكل أكسيد ، ويمثل الصف الثانى منه (معامل التمدد الحرارى لكل أكسيد) .

العمود الثالث :– يمثل حاصل ضرب العمود الثانى × 10^{-7}

Seger Formula x mol .wt .

Na_2O	0.0.013X62	=0.806	0.14736X10	$1.4736X10^{-7}$
K_2O	0.288X94	=27.072	4.9496X8.5	$42.0723X10^{-7}$
CaO	0.685X56	=38.360	7.01351X4.4	$30.8594X10^{-7}$
MgO	0.014X40	=0.560	0.10238X0.1	$0.01023X10^{-7}$
Al_2O_3	0.693X102	=70.686	12.9238X5.1	$65.9114X10^{-7}$
SiO_2	6.801X60	=408.060	74.6072X0.8	$59.6858X10^{-7}$
B_2O_3	0.020X70	=1.400	0.2559X0.1	$0.02559X10^{-7}$
Total		546.944		$200.0383*10^{-7}$

وبقسمة العدد الناتج فى العمود الثالث على العدد 3 نحصل على معامل التمدد الحرارى التقريبى للطلاء .

ـــ معامل التمدد الحرارى لهذا الطلاء (المعادلة الجزيئية هـــ) = 66.679×10^{-7}

1- Ref .5 Pp .162

ثانياً:- التطبيقات

ثانياً : – التطبيــقات

مراحل تجهيز الجسم والطلاء للتطبيق .

1-الجسم المستخدم :-

تم تطبيق تجارب الطلاءات الزجاجية الخاصة بالبحث على جسم صحي جاف " Sanitary Ware" (الجسم الخاص بالأدوات الصحية للشركة العامة للخزف والصيني)

ـــ مواصفات الجسم الصحي المستخدم كما يلي :-

الراسب	: 14جم / لتر
وزن اللتر	: 1780 جم / لتر
قوة الكسر للجسم الجاف	: 30 كجم / سم^2
الإنكماش الكلي عند درجة	: 1230°م = 14 %
معامل التمدد الحراري	: 4,4 x 10^{-7}
تشكيل الجسم	: بطريقة الصب
تركيب الجسم	: كاولين (صيني) – طينة إنجليزي – رمل – بولكلى أسوان .

2- شــكل الجســم :- عينات دائرية الشكل ذات سطح مُقعر نصف قطره حوالي 4.5 سم يتم تشكيلها بالصب في قالب .

3 – إعــداد خامــات الطـــلاء :- تــم إستخدام الخامات الخاصة بطلاءات الأدوات الصحية بالمصـــنع فـــي تركيـــب الطـــلاءات الخاصة بالبحث ، والتي يتم طحنها طحناً مبللاً في طواحيـــن الكرات سعة 100 كجم ، لمدة 48 ساعة ، ونسبة الماء حوالي 60% ، حتى يصبح الراسب من 0,5 جرام / لتر ، حتى 1,0 جرام / لتر تقريباً ، على منخل 10000 فــتحة / بوصة طولية ، ويتم التجفيف في مجفف كهربائي عند درجة حرارة 190°م لمدة 18 ساعة . وبعد التجفيف تصبح الخامات جاهزة للإستخدام .

4 – نسبة الماء :- تراوحت نسبة الماء ما بين 60% إلى 70% من الوزن .

5 – الخلــط :- تم خلط كمية 200 جم من الخامات التي تمثل التركيبة الوزنية لكل تجربة من تجارب البحث .

ـــ الطاحونـــة المستخدمة في الخلط هي طاحونة كرات سعتها 1/2 كجم ، وسرعتها 60 لفة/دقيقة "Ball mill ".

ـــ بإستخدام كور الطحن من البورسلين ذات أقطار مختلفة وزنها الكلي 550 جم .

6 – الراسب :– تم تعيين الراسب للخلطات باستخدام منخل 10000 فتحة / بوصة طولية .

7– التطبيق :– تم التطبيق بالسكب على الجسم الجاف (غير المحروق).

8 – التسوية :–

ـــ تم تسوية الطلاءات في مدى متنوع من درجات الحرارة : 1140,1100, 1200, 1230°م

ـــ في فرن كهربائي أبعاده 75 X 60 X50 سم .

ـــ جو الحريق مؤكسد .

ـــ دائرة التسخين :–

ـــ تم التسخين بمعدل 2 °م / دقيقة حتى درجة حرارة 600 °م .

ـــ بعد درجة حرارة 600 °م تم تغير معدل الحريق إلى 6 °م / دقيقة إلى درجة حرارة النضج المختارة .

ـــ ثم التثبيت عند درجة حرارة النضج النهائية لمدة 30 دقيقة .

جداول الإحلالات ومواصفات التشغيل .

[0] – حلول المعادلة الاولية الأساسية بدون تعديل مع إستخدام مصادر خامات متنوعة :-

عــند عمــل حلول مختلفة للمعادلات الاولية الاساسية الخمسة المستخدمة فى البحث من خلال إستخدام مصادر مختلفة للخامات فى كل حل ، وتم الحصول على (43) عينة هي كالآتي :-

جدول رقم [0]

المجموعة	العينات التى تعبر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري $x10^{-7}$	رقم العينةالناجحة	رقم الشكل
هـ	من1:10هـ	1230° م	66.679	–	–
جـ	من1:5 جـ	1200° م	66.728	2	شكل (0-1)
ب	من1:8 ب	1140° م	68.957	7,3,2	شكل (0(4,3,2)
أ	من1:10 أ	1100° م	70.577	6	شكل (0-5)
د	من1:10 د	1100°م	71.208	6,1	شكل (0-(7,6)

ـــ الخامـــات الـــتى أدى وجودها إلي الحصول على نتائج جيدة للبحث فى هذه المجموعة من الــتجارب هـــى علـــى الترتيـــب : – كربونات البوتاسيوم ، البوراكس ، الألبيت ، الفلدسبار البوتاسيومى ، كربونات المغنيسيوم .

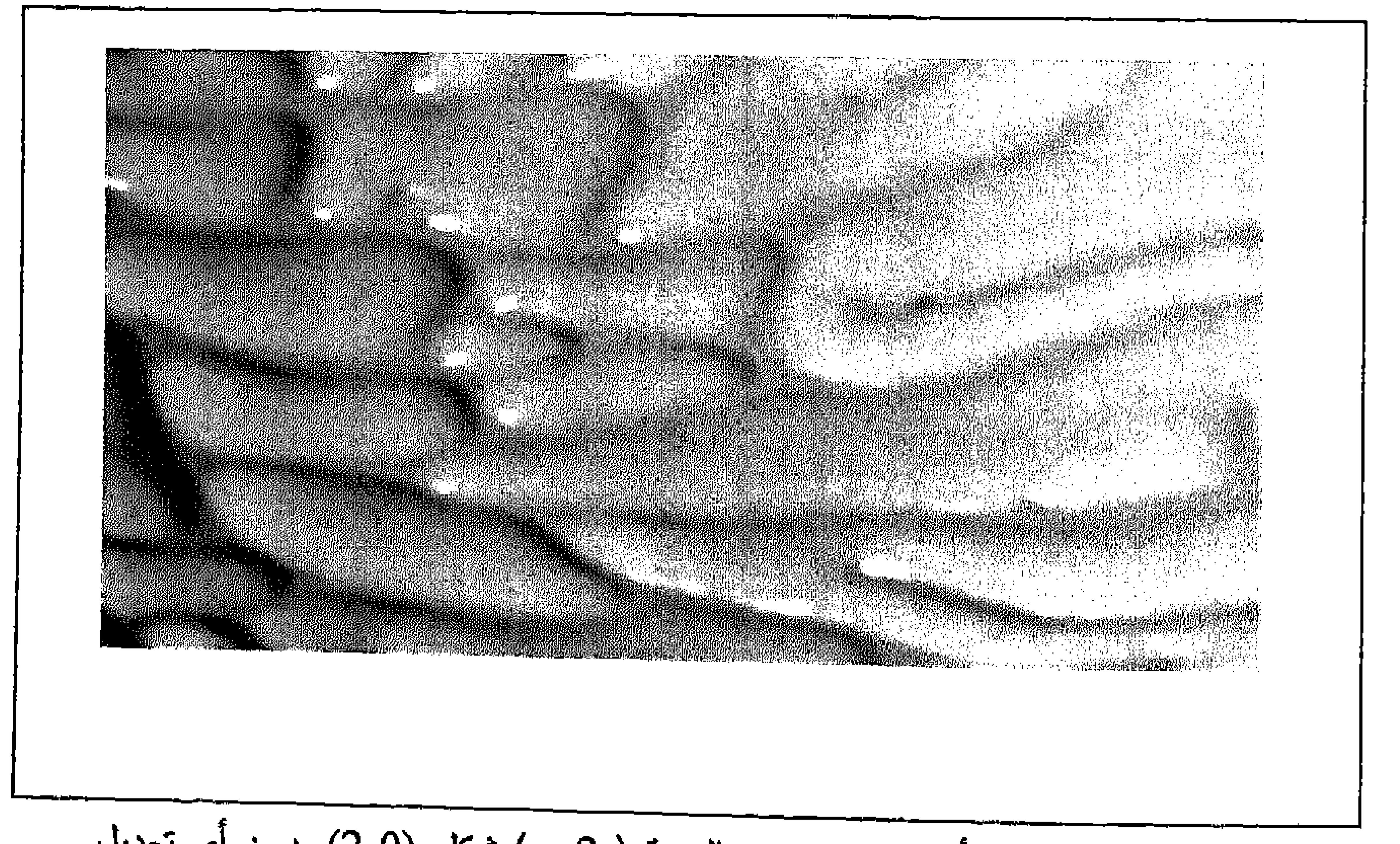
ـــ وقـــد تم إعتبار معاملات التمدد الحراري للعينات في هذا الجدول مقياس يحسب علية مقدار الزيادة والنقصان في معاملات التمدد الحراري للعينات في الإحلالات الاخرى .

ـــ مواصفات التشغيل لبعض العينات الناجحة بالجدول رقم [0] .

رقم العينة الناجحة	وزن الراسب بالجرام لكل لتر	وزن اللتر بالجرام
2 جـ	0.5	1592
2 ب	0.6	1565
7 ب	0.7	1566
6 أ	0.4	1540
6 د	0.3	1500

(1-0) (2-0)

(3-0) (4-0)

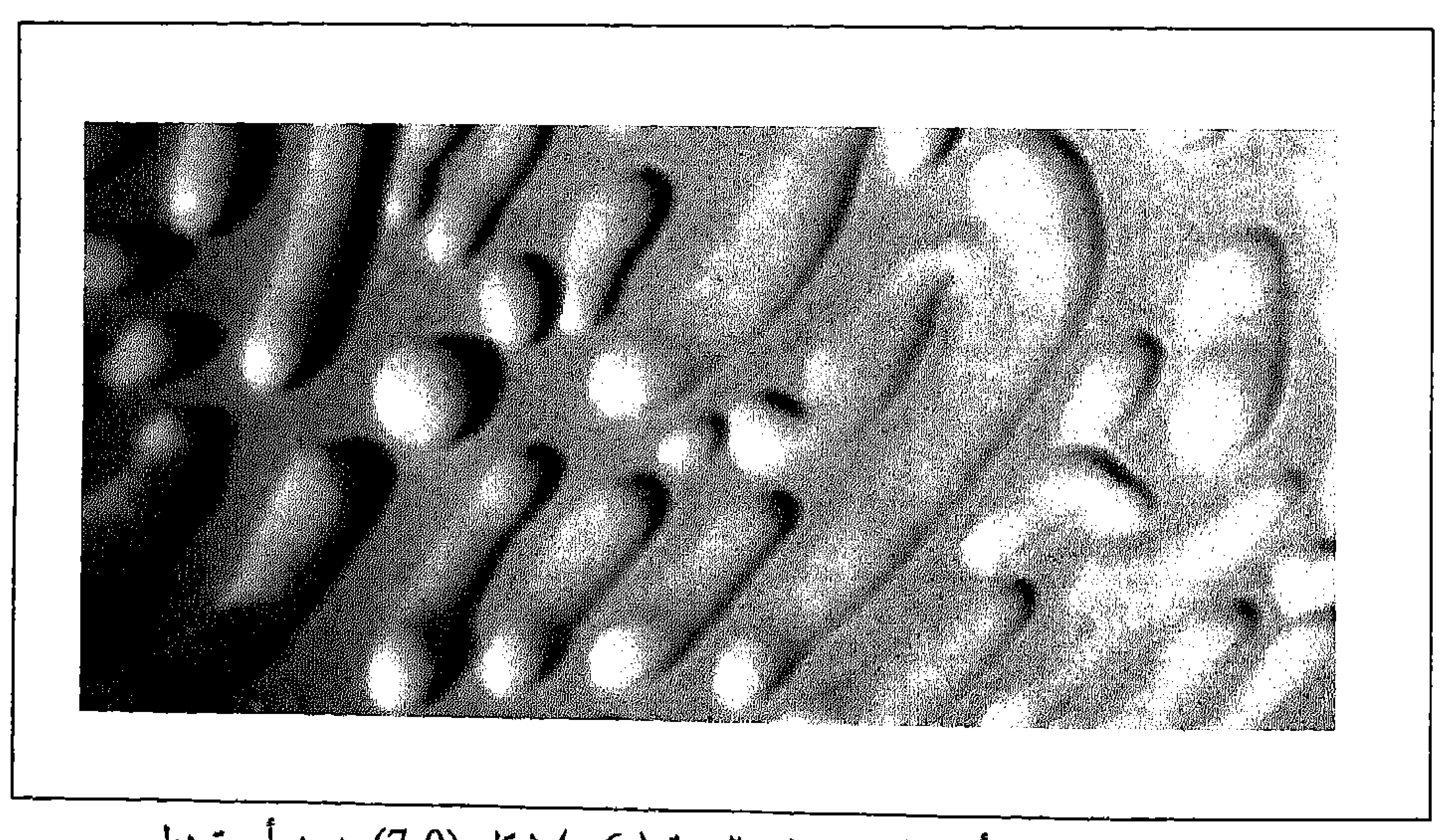


نموذج مكبر يوضح تأثير التجميع في العينة (2 ب) شكل (0-2) بدون أي تعديل

(6-0)

(5-0)

(7-0)



نموذج مكبر يوضح تأثير التخريز في العينة (6 د) شكل (0-7) بدون أي تعديل

إحلال أكاسيد (R_2O) بدلاً من (RO) في المجموعة القاعدية ، أوالتغيير الكامل في نسب أكاسيد المعادلة الجزيئية التكافوئية وتتضمن الآتي :-

[1]– إحلال أكسيد الصوديوم محل أكسيد الكالسيوم والعكس .

يعبر عن هذا الإحلال(13) عينة هى كالاتى : -

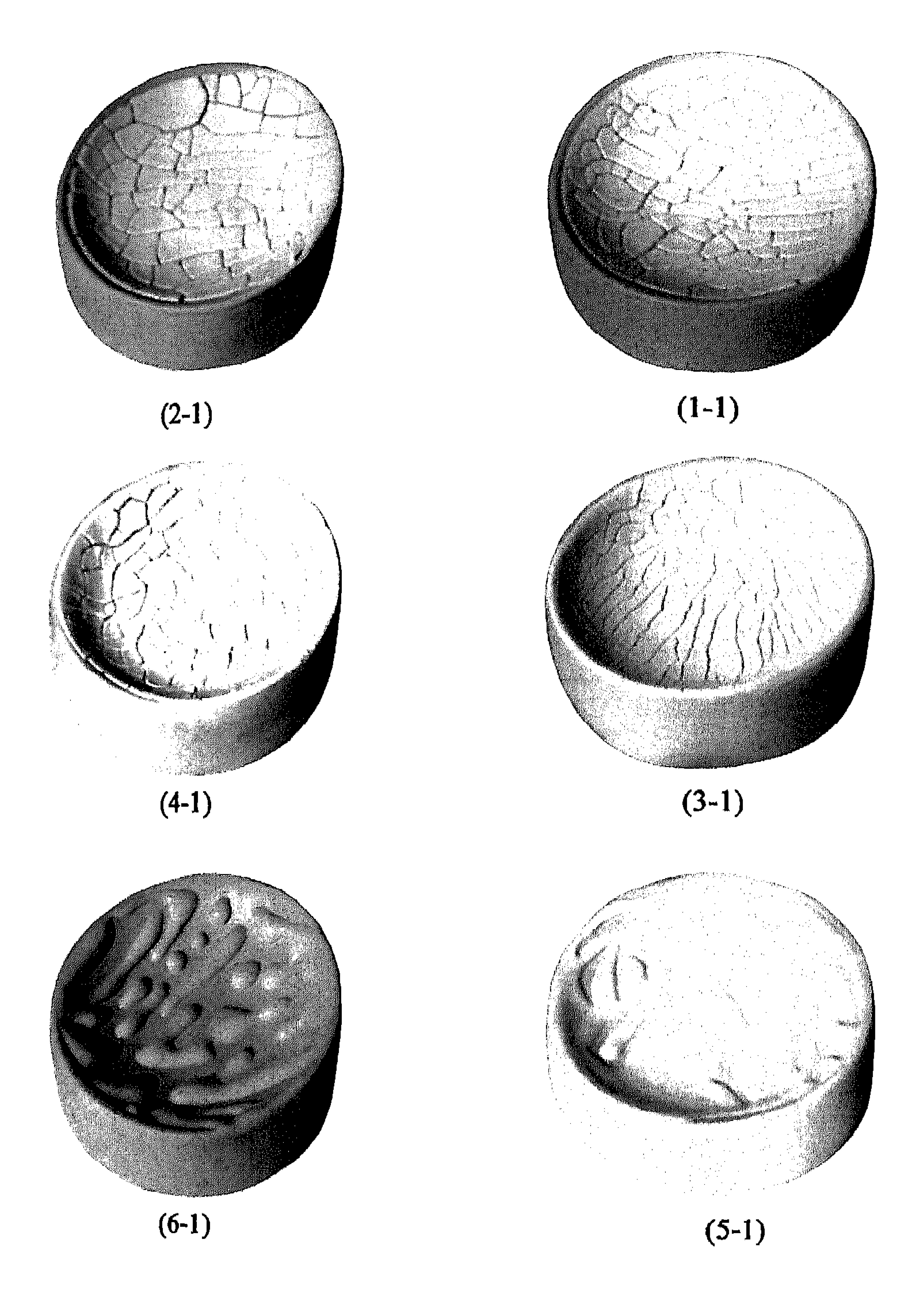
جدول رقم [1]

المجموعة	العينات التى تعبر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري $x10^{-7}$	رقم العينةالناجحة	رقم الشكل
هـ	15,14	1230° م	81.380	15,14	شكل (1-(2,1)
جـ	22,9,8	1200° م	80.503	22,9	شكل (1-(4,3)
ب	26,10	1140° م	80.938	10	شكل (1-5)
أ	21,20,19,11	1100° م	80.757	–	–
د	30,12	1100°م	80.340	12	شكل (1-6)

ـ هـذا الإحـلال يعـنى مضاعفة أكسيد الصوديوم على حساب أكسيد الكالسيوم أضعافاً تبدأ بحوالى 0.5 ضعف فى المجموعة (د) وتنتهى بحوالى 50 ضعف فى المجموعة هـ . ومن المعروف أن أكسيد الصوديوم عنصر له معامل تمدد حرارى عالى جداً (10.0) مقارنة بأكسيد الكالسيوم (4.4) ، وزيادتة فى هذة المجموعة من العينات أدت إلى الحصول على نتائج جيدة من التجميع ، وجاءت معاملات التمدد الحراري لكل العينات متقاربة جداً من بعضها – تكـاد تكـون قيمة واحدة تقريباً– وأعلى من معاملات التمدد للمعادلات الأولية الأساسية غير المعدلة بالجدول رقم (0) ويعتبر هذا الإحلال من أنجح الإحلالات التى تمت فى البحث .

ـ مواصفات التشغيل لبعض العينات الناجحة بالجدول رقم [1] .

رقم العينة الناجحة	وزن الراسب بالجرام لكل لتر	وزن اللتر بالجرام
14 هـ	1.0	1593
15 هـ	0.5	1552
22 جـ	0.4	1605
12 د	0.6	1526


(2-1)
(1-1)
(4-1)
(3-1)
(6-1)
(5-1)

2 ـ إحلال أكسيد الصوديوم محل أكسيد البوتاسيوم والعكس ،

يعبر عن هذا الإحلال (5) عينات كالأتى : ـ

جدول رقم [2]

المجموعة	العينات التى تعبر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري $x 10^{-7}$	رقم العينةالناجحة	رقم الشكل
هـ	16	1230°م	64.721	ـ	-
جـ	11,10	1200°م	65.128	11,10	شكل (2)(1-2)
ب	11	1140°م	68.228	ـ	-
أ	ـ	1100°م		ـ	-
د	13	1100°م	71.690	ـ	-

ـ أكسـيد الصـوديوم له أعلى معامل تمدد حرارى بالنسبة لكل الأكاسيد المكونة للطلاء يليه أكسـيد البوتاسيوم والفارق بينهم ضئيل جداً ، وبالتالى فان هذا الإحلال لم يصنع فارقاً كبيراً عن المعادلة الأولية الأساسية (0)

ومن الخامات التي كان لها أثر في الحصول علي نتيجة في هذا الإحلال :- الألبيت ، حامض البوريك ، الدولوميت ، كربونات البوتاسيوم ، وجاءت معاملات التمدد الحراري للعينات أقرب ما تكون لمعاملات التمدد الحراري بالجدول رقم (0) .

ـ وبالـرغم من أن نسبة كلا الأكسيد ين إلى الآخر في المجموعة (د ، أ ، ب) تقترب من بعضـها بدرجـة كبيرة ، نجد أن الفارق يعتبر كبير فى المجموعة (جـ ، هـ) ، وإن لم يصنع الاختلاف فى معاملات التمدد بين الأكسيدين نتيجة ملحوظة فى النسب الصغيرة إلا أنه فى النسب الكبيرة قد أدى إلى الحصول على نتيجة فى المجموعة (جـ) ،

مواصفات التشغيل للعينات الناجحة بالجدول رقم [2].

رقم العينة الناجحة	وزن الراسب بالجرام لكل لتر	وزن اللتر بالجرام
10 جـ	0.3	1571
11 جـ	0.3	1589

3ـ زيادة نسبة أكسيد الصوديوم وتغيير نسب كل الأكاسيد تبعاً لذلك .

يعبر عن هذا الإحلال (10) عينات كالآتى : ـــ

جدول رقم [3]

المجموعة	العينات التى تعبر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري x 10^{-7}	رقم العينةالناجحة	رقم الشكل
هـ	17	1230° م	66.944	ـــ	ـ
جـ	13,12	1200° م	69.660	ـــ	ـ
ب	12	1140° م	73.902	12	شكل (3-1)
أ	13	1100° م	78.433	ـــ	ـ
د	18,17,16,15,14	1100°م	80.825	18,17	شكل (3-(3,2)

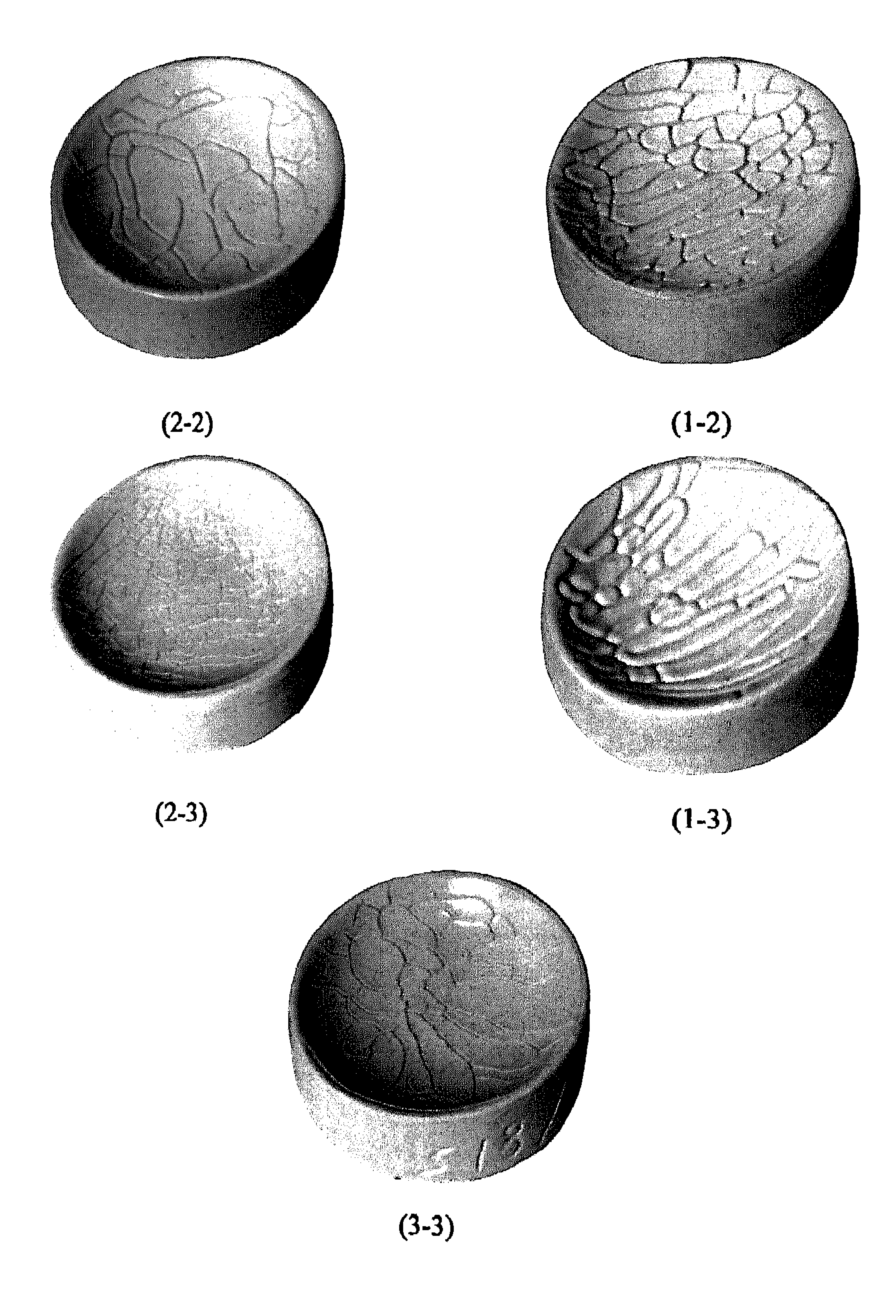
ـــ كمـــا سبق فإن زيادة أكسيد الصوديوم تساعد على ظهور التجميع نظراً لأن له معامل تمدد حرارى عالى ، أما أكسيد البورون فله تأثير مقاوم للتشقق إلا إذا زادت نسبته عن 15 % فإن تأثيره ينعكس .

ـــ فـــى هـــذا الإحـــلال فـــإن أكسيد الصوديوم يتضاعف حوالى مرتين فى كل مجموعة بينما تنخفض نسبة أكسيد البورون . ونجد أن معظم العينات قد أعطت مؤشر ولو طفيف لحدوث التجميع نظراً لزيادة الصوديوم فيها هذا بخلاف العينات التى أعطت نتائج جيدة فى المجموعة (ب ، د) .

ـــ زادت معـــاملات التمدد الحراري في هذا الإحلال زيادة طفيفة في المجموعة (هـــ ، جـــ) عـــن مثيلـــتها في الجدول (0) بينما في المجموعة (ب ، أ ، د) تعتبر الزيادة كبيرة نسبياً مما أدى إلى الحصول على نتائج أفضل في المجموعة الأخيرة عنها في الأولى .

ـ مواصفات التشغيل لعينة من العينات الناجحة بالجدول رقم [3] .

رقم العينة الناجحة	وزن الراسب بالجرام لكل لتر	وزن اللتر بالجرام
12ب	0.7	1578



(2-2) (1-2)

(2-3) (1-3)

(3-3)

4 ـ إحلال أكسيد الصوديوم محل أكسيد الماغنسيوم والعكس.

يعبر عن هذا التعديل (5) عينات كالآتى : ـ

جدول رقم [4]

المجموعة	العينات التى تعبر عن المعادلة	معامل التمدد الحراري $x\ 10^{-7}$	درجة الحرارة	رقم العينةالناجحة
هـ	18	66.709	1230° م	—
جـ	—		1200° م	—
ب	13	69.493	1140° م	—
أ	14	71.522	1100° م	—
د	21,20,19	72.261	1100°م	—

– نظــراً لان نســبة كــلا مــن أكسيد الصوديوم وأكسيد الماغنسيوم فى المعادلة الأولية الأساســية تقــترب مــن الأخرى فإن هذا التعديل لم يعطى إختلافاً ملحوظاً في معاملات التمدد الحراري للعينات عن الجدول (0) ولم يعطي تأثيرات تخدم البحث .

5ــ إحــلال أكســيد البوتاســيوم محــل أكســيد الكالسيوم ، أكسيد الكالسيوم محل أكسيد الماغنسيوم ، أكسيد الماغنسيوم محل أكسيد البوتاسيوم

يعبر عن هذا الإحلال (11) عينة كالآتى : ـ

جدول رقم [5]

المجموعة	العينات التى تعبر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري $x\ 10^{-7}$	رقم العينةالناجحة	رقم الشكل
هـ	20	1230° م	74.543	—	—
جـ	18,17,16	1200° م	75.450	16	شكل(5-1)
ب	25,21,20,19	1140,1200° م	80.261	25,21	شكل(5-(3,2)
أ	16	1100° م	84.059	16	شكل(5-4)
د	26,25	1100°م	86.010	25	شكل(5-5)

ـ فى المجموعة (هـ ، جـ) هذا الإحلال يعنى زيادة نسبية أكسيد البوتاسيوم ، إنخفاض نسبة أكســيد الكالسيوم ، زيادة نسبة أكسيد الماغنسيوم مقارنة بنسبة كل منهم فى المعادلة الأساسية ونظراً لزيادة كلاً من أكسيد البوتاسيوم والماغنسيوم فقد ظهر التجمع فى العينة (16جـ) .

ـ المجموعــة (ب) ينطــبق عليها ما سبق من زيادة نسبة كلاً من أكسيد البوتاسيوم وأكسيد الماغنســيوم وعيــنات هــذه المجموعة لم تنضج كلها فى درجة حرارتها المقررة لها ، ولكن نضجت فى درجة حرارة أعلى منها 1200° م (21 ب) وأعطت نتائج جيدة من التجميع (ربمــا يرجع عدم نضجها فى درجة حرارتها إلى زيادة نسبة أكسيد الماغنسيوم والذى يعتبر حــرارياً فــى درجــات الحرارة المنخفضة والمتوسطة مما جعل العينات حرارية وتحتاج إلى درجة حرارة أعلى)

ـ المجموعــة (أ ، د) هــذا الإحــلال فيها يعنى زيادة نسبة أكسيد البوتاسيوم وإنخفاض نسبة أكســيد الكالسيوم وإنخفاض نسبة أكسيد الماغنسيوم وجاءت العينات بها تصدع وتجميع شيق والعينات شفافة .

زادت معــاملات التمدد الحراري في هذا الإحلال عنها في الجدول (0) زيادة كبيرة ، وزادت أيضــاً عنها في الجدول (1) لبعض المجموعات (أ ، د) بينما إنخفضت في مجموعات أخرى (هـ ، جـ ، ب) ولكنها بشكل عام كانت مؤثرة في الحصول على نتائج جيدة وناجحة .

ـ مواصفات التشغيل لبعض العينات الناجحة بالجدول رقم [5] .

وزن اللتر بالجرام	وزن الراسب بالجرام لكل لتر	رقم العينة الناجحة
1563	0.3	16 جـ
1601	0.2	21 ب
1552	1.2	16 أ
1523	1.2	25 د

6ـ تغيير نسب كل الأكاسيد .

يعبر عن هذا الإحلال (12) عينة كالآتى : ـ

جدول رقم [6]

المجموعة	العينات التى تعبر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري x 10^{-7}	رقم العينةالناجحة	رقم الشكل
هـ	19	1230°م	54.390	—	—
جـ	15,14	1200°م	60.028	—	—
ب	16,15,14 18,17	1140°م	69.978	17	شكل (6-1)
أ	15	1100°م	79.955	—	—
د	24,23,22	1100°م	85.537	—	—

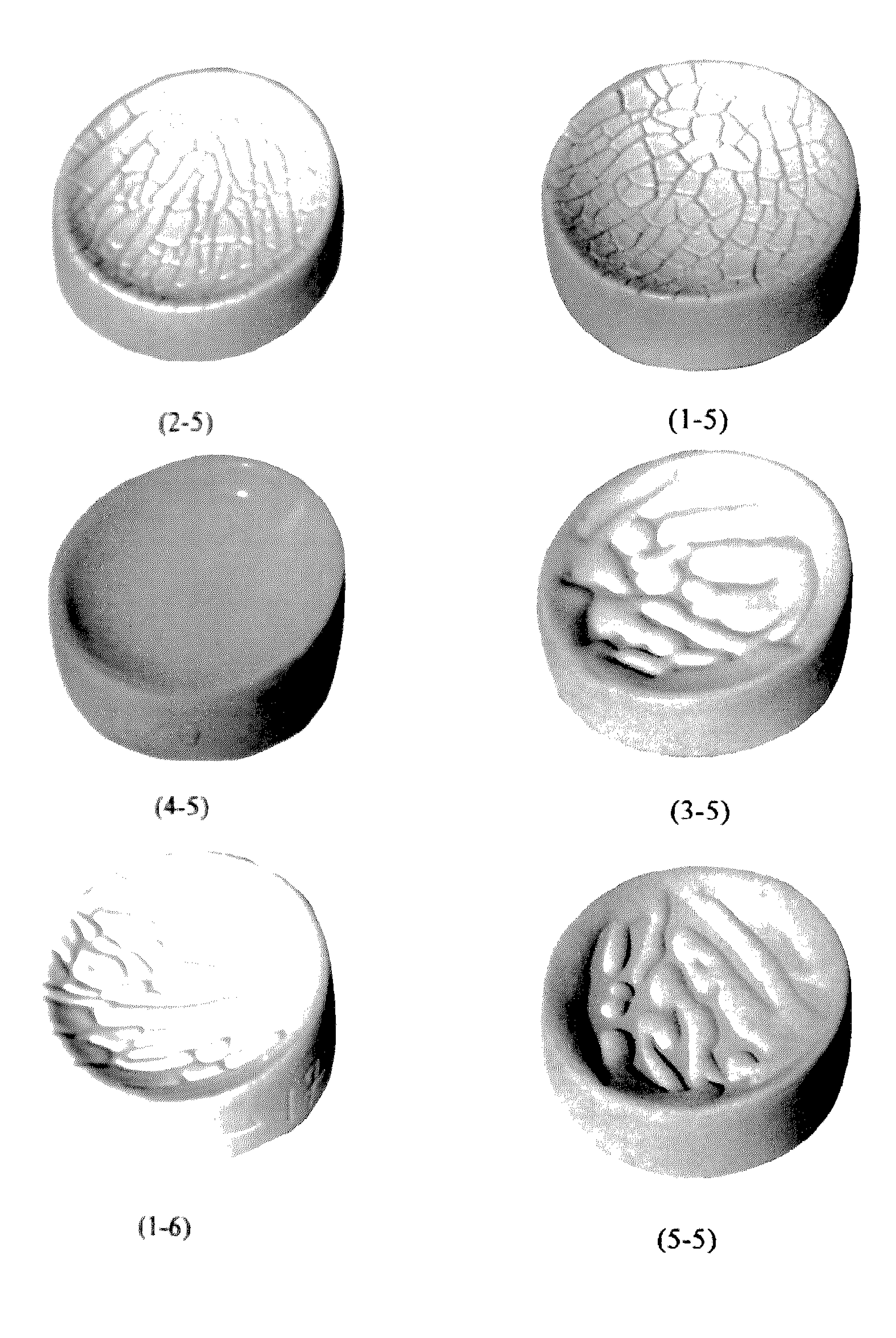
ـ فـى المجموعة (هـ ، جـ) هذا الاحلال يعنى زيادة أكسيد البورون بينما تنخفض نسبة أكسيد البوتاسيوم ونظراً لان أكسيد البورون يقلل تمدد الطلاء فإنه يقاوم حدوث تأثيرات فى طبقة أطلاء ولذا جاءت العينات فى هاتين المجموعتين خالية من أى تأثير ٠

ـ فى المجموعة (ب ، أ ، د) هذا الاحلال يعنى زيادة أكسيد البوتاسيوم بينما تنخفض نسبة أكسيد الـبورون ونظراً لأن أكسيد البوتاسيوم له معامل تمدد حرارى مرتفع فإن زيادته تؤدى إلى ظهور نـتائج جـيدة كمـا فى العينة (17 ب) وجاءت بعض العينات الأخرى بها مؤشر لنتيجة جيدة في المجموعة (ب ، د) .

ـ تأرجحـت معـاملات التمدد الحراري للعينات في هذا الإحلال بين الزيادة والنقصان عنها في الجدول (0) ، ولكن العينة التي أعطت نتيجة جيدة في (المجموعة ب) بها إستقرار نسبي في قيمة معـامل الـتمدد الحراري ، ومن ثم تكون الخامات المستخدمة في هذه العينات هي العامل المؤثر سلباً أو إيجاباً .

– مواصفات التشغيل للعينة الناجحة بالجدول رقم [6]..

رقم العينة الناجحة	وزن الراسب بالجرام لكل لتر	وزن اللتر بالجرام
17 ب	0.2	1518


(2-5)
(1-5)
(4-5)
(3-5)
(1-6)
(5-5)

7ـ احلال أكسيد البوتاسيوم محل أكسيد الماغنسيوم وبالعكس ،

يعبر عن هذا الإحلال (8) عينات هى كالآتى : ـــ

جدول رقم [7]

المجموعة	العينات التى تعبر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري $x\ 10^{-7}$	رقم العينةالناجحة
هـــ	13,12,11	1230° م	54.888	ــــ
جـــ	7,6	1200° م	57.305	ــــ
ب	9	1140° م	65.173	ــــ
أ	12	1100° م	71.874	ــــ
د	11	1100°م	75.400	ــــ

ـ فـــى المجموعـــة هــــ ، جــ ، ب هذا الإحلال يعنى زيادة نسبة أكسيد الماغنسيوم على حســـاب أكســـيد البوتاســـيوم ونظراً لأن الفعل الصهار لأكسيد البوتاسيوم يفوق الفعل الصهار لأكســـيد الماغنســـيوم فجـــاءت العينات فى المجموعة هـــ ، جــ غير ناضجة نهائياً ، أما فى المجموعـــة ب فنظراً لأن الفارق بين نسبة كلاً من الأكسيدين يعتبر صغيراً فكان هذا الإحلال غير مؤثر بشكل كبير .

ـ فـــى المجموعـــة أ ، د هذا الإحلال يعنى زيادة نسبة أكسيد البوتاسيوم على حساب أكسيد الماغنسيوم ولذا فقد كانت العينات ناضجة ،

ـ إنخفضت معاملات التمدد الحراري في المجموعة (هــ ، جــ ، ب) عنها في الجدول (0) ، بينما زادت في المجموعة (أ ، د) زيادة غير مؤثرة .

والعينات بشكل عام فى هذا الإحلال لم تعطى أى تأثير إيجابى لصالح البحث ،

8ــ زيادة نسبة أكسيد البوتاسيوم وتغيير نسب كل الأكاسيد تبعاً لذلك .

ويعبر عن هذا الإحلال (6) عينات كالاتى :

جدول رقم [8]

المجموعة	العينات التى تعبر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري x 10^{-7}	رقم العينةالناجحة	رقم الشكل
هـ	21	1230° م	78.153	ــ	ــ
جـ	20,19	1200° م	81.072	20,19	شكل (8-(2,1)
ب	22	1140° م	86.145	22	شكل (8-3)
أ	17	1100° م	91.325	ــ	ــ
د	27	1100°م	94.159	ــ	ــ

ــ هذا الإحلال يعنى زيادة نسبة كلاً من أكسيد البوتاسيوم ، وأكسيد الصوديوم بينما تنخفض نسبة كــلاً من أكسيد الكالسيوم ، وأكسيد البورون ، أى زيادة نسبة عناصر لها معاملات تمدد حرارى عالى ، وانخفاض نسبة عناصر معاملات تمددها أقل ، وهذا من شأنه أن يؤدى إلى الحصول على نتائج جيدة تخدم البحث .

ــ فــى المجموعــه (هــ ، ج ، ب) جاءت النتائج ذات إنصهار ولمعان عالى عالى (نظراً لــزيادة الصوديوم والبوتاسيوم وهى عناصر لها فعل صهر عالى) وفى المجموعه (ج ، ب) ظهرت نتائج تصدع وتجمع شيقة ، بينما فى المجموعه (أ ، د) لم تنضج العينات نهائياً ومن المرجح أن ذلك يرجع إلى إستخدم الفلدسبارات كمصادر لأكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم وعند زيادة كمياتها فى العينات جعلتها حرارية وتحتاج إلى درجة حريق أعلى من الدرجة المحددة لها .

ــ زادت معاملات التمدد الحراري لكل العينات زيادة كبيرة جداً ولكنها لم تظهر في نتائج جيدة إلا من خلال المجموعة (جــ ، ب)

- مواصفات التشغيل لبعض العينات الناجحة بالجدول رقم [8] .

رقم العينة الناجحة	وزن الراسب بالجرام لكل لتر	وزن اللتر بالجرام
19 جــ	0.6	1581
20 جــ	0.7	1595
22 ب	0.4	1604

9ـ زيادة نسبة أكسيد الصوديوم وتقليل نسبة أكسيد الكالسيوم وتغيير نسبة كل الأكاسيد تبعاً لذلك .

ويعبر عن هذا الإحلال (7) عينات كالاتى :

جدول رقم [9]

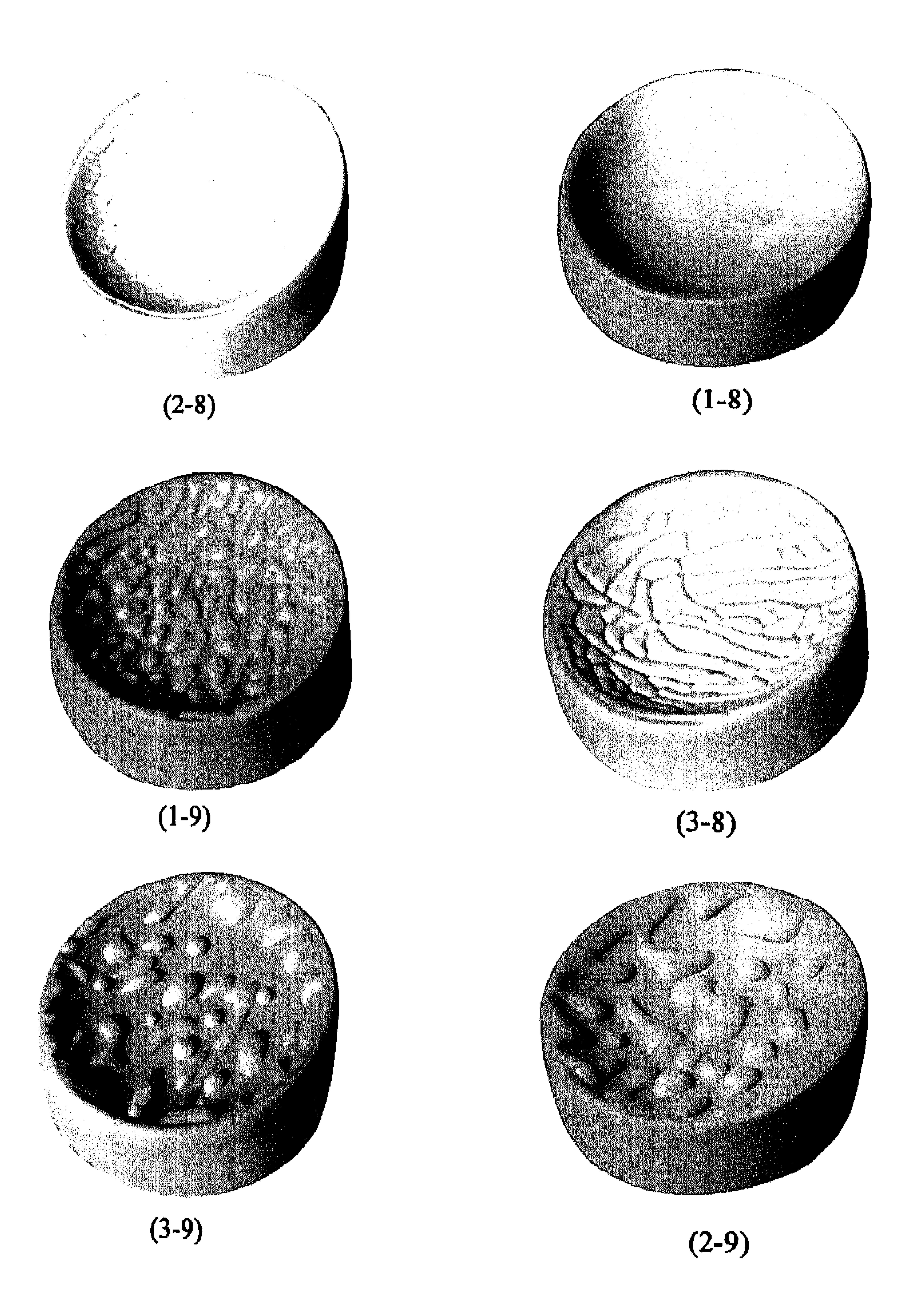
المجموعة	العينات التى تعبر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري x 10^{-7}	رقم العينةالناجحة	رقم الشكل
هـ	ــ	1230° م		ــ	ــ
جـ	ــ	1200° م		ــ	ــ
ب	24,23	1140° م	61.205	24	شكل (9-1)
أ	18	1100° م	72.116	18	شكل (9-2)
د	29,28	1100°م	78.079	28	شكل(9-3)

ــ فــى المجموعــة (ب) هــذا الإحــلال يعــنى زيادة نسبة أكاسيد كلاً من البورون والمغنسيوم والصوديوم ، وإنخفاض نسبة أكاسيد كلاً من البوتاسيوم والكالسيوم ، وكانت أعلى زيادة في نسبة أكسيد البورون وقد جاءت النتيجة جيدة فى العينة (24ب) .

ــ فــى المجموعــة (أ ، د)هــذا الإحــلال يعنى زيادة نسبة أكاسيد كلاً من البورون والبوتاسيوم والصــوديوم ، وإنخفاض نسبة أكاسيد كلاً من المغنسيوم والكالسيوم . وقد جاءت العينات فى هذه المجموعــة جــيدة وبها تأثير التجميع ، نظراً لأن الزيادة فى نسبة أكسيد البورون كانت تصاحبها زيادة في أكسيد الصوديوم والبوتاسيوم أو أكسيد الصوديوم والمغنيسيوم مما أدى إلى حدوث توازن بين الاكاسيد ذات التمدد المنخفض والأكاسيد ذات التمدد العالى مما ساعد في الحصول على نتائج جيدة في هذا الإحلال .

ــ مواصفات التشغيل لبعض العينات الناجحة بالجدول رقم [9].

رقم العينة الناجحة	وزن الراسب بالجرام لكل لتر	وزن اللتر بالجرام
24 ب	0.7	1509
18 أ	0.3	1523
28 د	0.4	1478


(2-8)
(1-8)
(1-9)
(3-8)
(3-9)
(2-9)

**وقد تم استخدام إثنتى عشرة مادة خام خلال تنفيذ البرنامج التطبيقى لمجال البحث . بعض المواد الخام كانت فى صورة فلد سبارات وبعضها الاخر فى صورة كربونات وهى تفصيلياً كما يلى:–

Percentage	Raw Material	Chemical Composition	المادة الخام
(19.7 :0.45)	Borax	$Na_2O.2B_2O_3.2H_2O$	بوراكس
(13.6:0.25)	Boric Acide	$B_2O_3.3H_2O$	حامض بوريك
(62.35:0.05)	Albite Soda	$Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	فلدسبار صوديومي
(66.45:1.25)	Orthoclase Potash	$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	فلدسبار بوتاسيومي
(5.05:0.01)	Sodium Carbonate	Na_2CO_3	كربونات صوديوم
(11.90:0.1)	Calcium Carbonate	$CaCO_3$	كربونات كالسيوم
(14.1:0.15)	Potassium Carbonate	K_2CO_3	كربونات بوتاسيوم
(8.4:0.1)	Magnesium Carbonate	$MgCO_3$	كربونات ماغنيسيوم
(8.85:0.4)	Dolomite	$(Ca\ Mg)\ CO_3$	كربونات الكالسيوم و المغنيسيوم
(6.15:0.3)	Talc(Steatite)	$3MgO.4SiO_2.H_2O$	التلك (الاستياتيت)
(32.1:0.2)	Kaolin	$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$	الكاولين
(53.1:11.7)	Quartz	SiO_2	الكوارتز

ــ شكل الكوارتز أعلى نسبة فى التركيبات الوزيية لمعظم التجارب ثم تلاه نسبة الكاولين وشكلت نسبة كربونات الصوديوم أقل نسب المواد الخام إضافة .

التجربة التي تم استخدامها في التطبيقات النهائية التي تعبر عن نتائج البحث هي رقم(14هـ)
والمعادلة الأساسية لها هي : -

RO	
Na_2O	0.685
K_2O	0.288
CaO	0.013
MgO	0.014

R_2O_3	
Al_2O_3	0.693

RO_2	
SiO_2	6.801
B_2O_3	0.020

ـ وهى من نتائج الإحلال رقم (1) والذي يتم فيه إحلال أكسيد البوتاسيوم محل أكسيد الصوديوم والعكس . شكل رقم (1 – 1)

ـ الملمس الناتج في سطح الطلاء بدون استخدام أي ملونات هو التجميع ، وهذا الطلاء المتجمع معتم ولامع .

ـ الطلاء : – العينة 14هـ
ـ معامل التمدد الحراري للطلاء :- 81.380×10^{-7}

ـ الجسم : – طينة الخزف الحجري (الخاصة بالأدوات الصحية للشركة العامة للخزف والصيني) .
ـ الشكل : – طبق طول نصف قطره 12.6 سم تقريباً .
ـ التشكيل : – الصب في قالب مصمت .

ـ التطبيق :- حرقة واحدة للجسم الخام والطلاء الخام حتى درجة حرارة 1230م .
ـ النتيجة :- طبق مطلي بطلاء زجاجي ذو ملامس متنوعة كما توضح الأشكال المصورة .

ـ البالته اللونية المستخدمة هي : -
1-اللون الأبيض :- الطلاء المستخدم بدون أي إضافات
2-اللون الأزرق :- الطلاء الأبيض +1% أكسيد كوبالت

3-اللون التركواز :- الطلاء الأبيض + 3 % صبغة ملونة تركوازية
4-اللون الأخضر :- الطلاء الأبيض + 3 % أكسيد نحاس

5-اللون الأحمر :- الطلاء الأبيض +3% أكسيد حديد

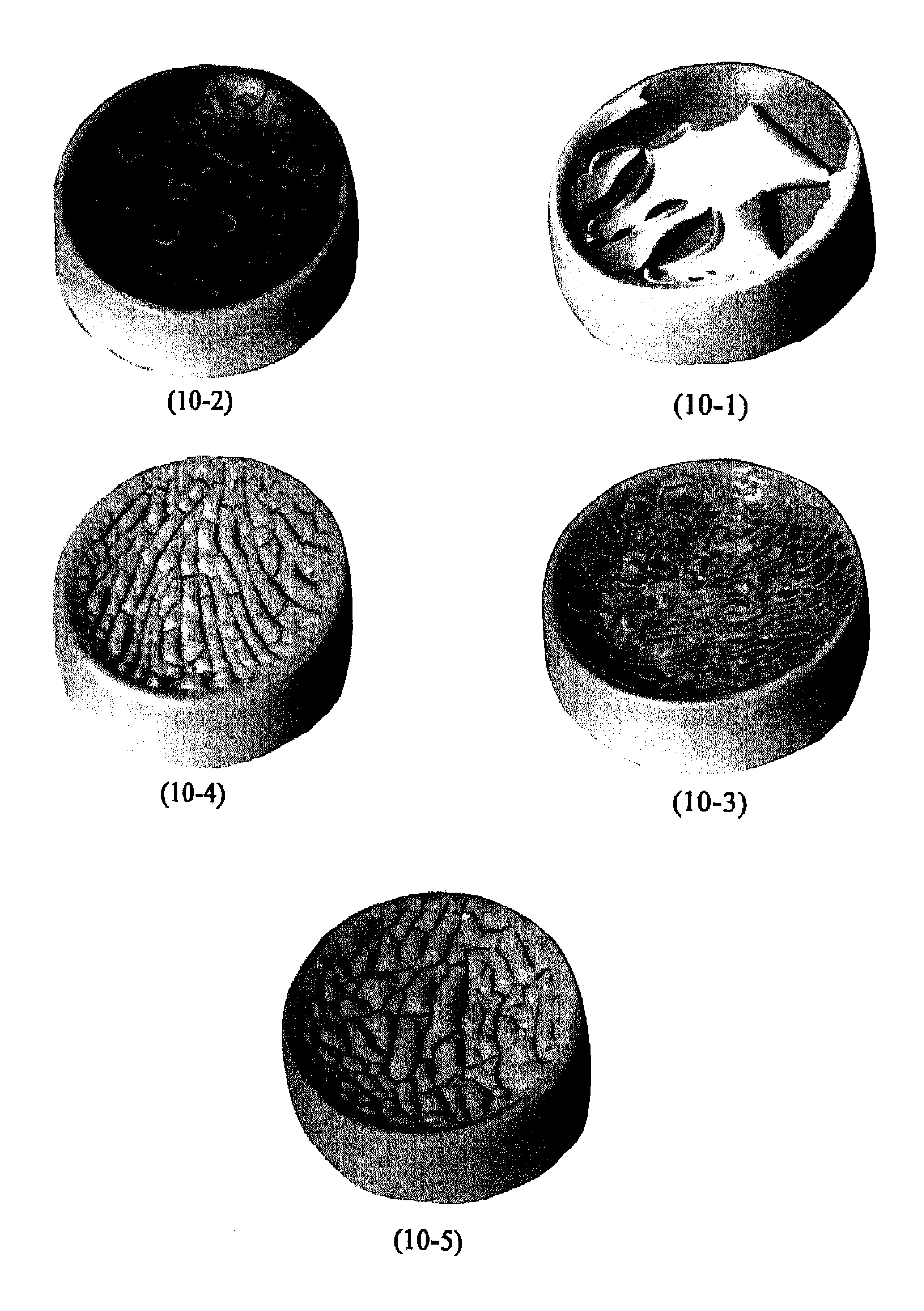
6-اللون العسلي الفاتح :- الطلاء الأبيض + 3% ثاني أكسيد المنجنيز

7-اللون العسلى الغامق :-خليط مكون من 38% من الطلاء العسلياالأحمر (الملون باستخدام أكسيد الحديد) مع 62%من الطلاء العسلي الفاتح (الملون باستخدام ثاني أكسيد المنجنيز)

8-اللون الجنزاري (البترولي):-خليط مكون من 38% من الطلاء الأزرق (الملون باستخدام أكسيد الكوبالت) مع 62% من الطلاء الأخضر (الملون باستخدام أكسيد النحاس)

وعن طريق استخدام الملونات المختلفة تم الحصول علي مظاهر مختلفة للتجميع والبثور والثقوب الإبرية .

ـ وتوضح الأشكال من (1-10) إلى (5-10) بعض التجارب لتطبيق اللون فوق ، أوتحت الطلاء على نفس الطلاء ، وتوضح الملامس المختلفة التي يمكن الحصول عليها من خلال طرق التطبيق المتعددة .


(10-2)
(10-1)
(10-4)
(10-3)
(10-5)

ثالثاً:- التطبيقات الفنية

النتائج الفنية للبحث

• تطبيق (1)

تظهـر الألوان التركوازي والأزرق والجنزاري والعسلي الغامق على هيئة مساحات متداخلة مـن اللـون والملمـس فتظهر التجميعات على هيئة مساحات مستقلة من التجميع في الأزرق والتركواز ، ونجدها أكثر تداخلاً في الأجزاء التي قد أستُخدم لتلوينها أكاسيد المنجنيز والحديد والنحاس التي تعمل على زيادة إنصهار الطلاء وإلتصاق مساحات التجميع ببعضها البعض ، وتحمل هذه القطعة ملامس مختلفة من التجميع الواضح ذو المساحات المنفصلة ، والتجميعات المتلاصـقة والتـي قاربـت علـى الإلتحام . وتظهر أيضاً مساحات التجميع السميكة التي تم التطبـيق فـيها باستخدام طلائين بلونين مختلفين فتظهر مساحة التجمع بلون وحوافها لها لون آخر . مع وجود بعض البثور على قطع التجميع .

• تطبيق (2)

تظهر الألوان متناسقة وجميلة من الأبيض والتركوازي والأزرق وكأنها قيم مختلفة للون واحد وهـو الأزرق مـع وجود مساحات يظهر فيها ظلال اللون الأزرق والتركواز مما ساعد على وجـود الـترابط اللوني مع الترابط في الملس أيضاً ، وتظهر البقعة الحمراء عند حافة الطبق لـتجعل هناك توازن في المساحات الفاتحة والقاتمة مع وجود تجميع منتفخ له حس مختلف ما بيـن المسـاحة المتجمعة والمساحة التي بها بثور وثقوب مما أدي إلي وجود ترابط جيد بين الملامس .

• تطبيق (3)

يظهـر التجميع والبثور على مساحات فاتحة وقائمة متجاورة مع وجود مساحات تتداخل فيها الألوان والملامس فيما بينها مع إختلاف حجم المساحات التي تعبر عن الملمس مما ساعد على ظهور الألوان والملامس جيداً بدون أن يطغى أحدهما على الآخر في الرؤية .

● **تطبيق (4)**

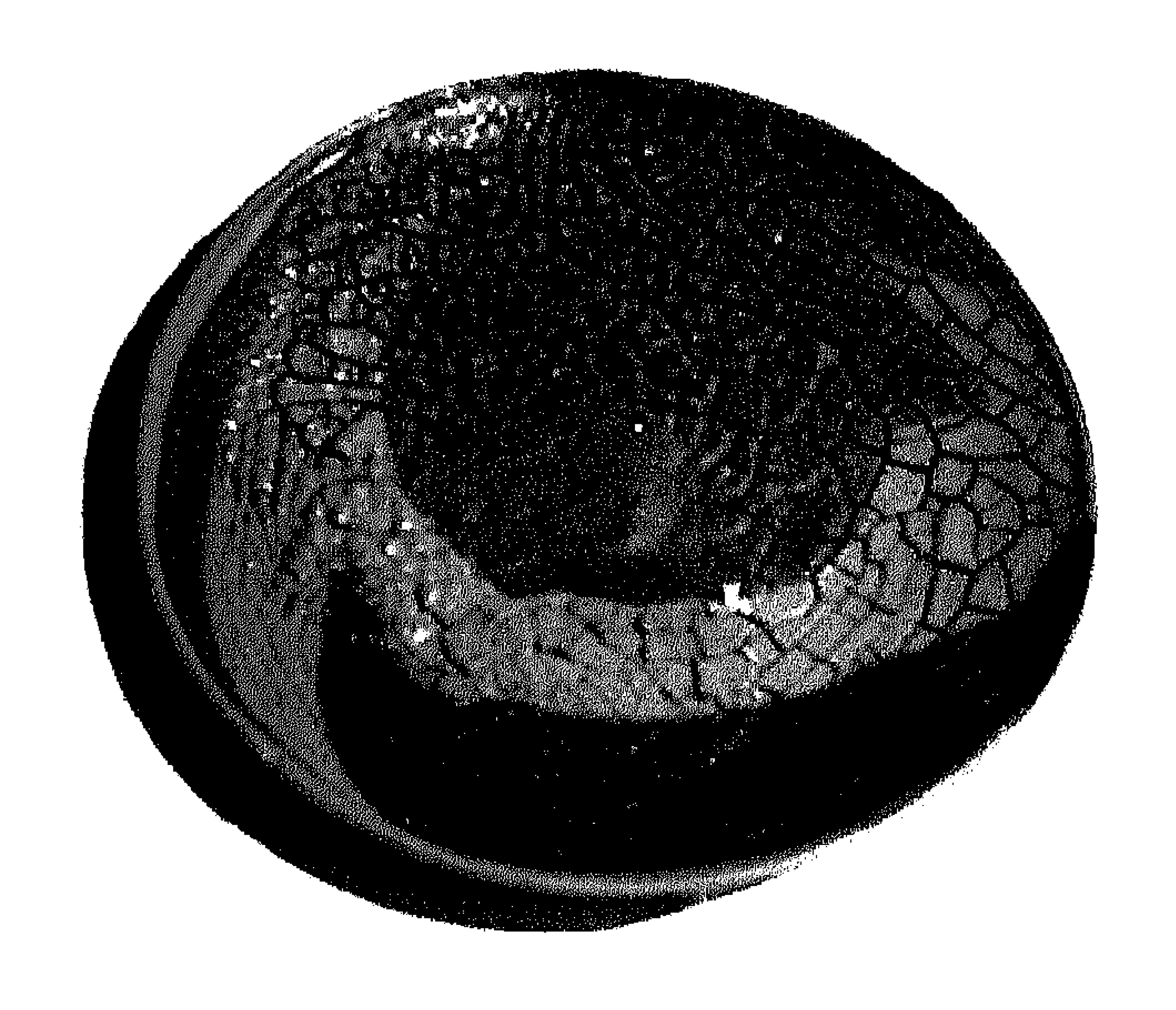
يظهر التجميع بأشكال مختلفة خلال مساحة السطح فنجده أحياناً تجميعاً متفرقاً ومتباعداً ، وفى أحيان أخري متلاصقاً ملتحماً مع وجود آثار للخطوط التي تفصل بين أجزاؤه ، ومرات أخرى علـــى هيئة قطع منتفخة وكأنها فقاقيع ستنفجر ، ومرات على هيئة قطع بها فقاقيع قد إنفجرت بـــالفعل ، مع وجود البثور والثقوب متداخلة ومجاورة لهذا التجميع وكأن هذه الملامس تسقط من بركان يغلى وتنساب إحداها من الأخرى .

● **تطبيق (5)**

يغلـــب علـــى السطح الألوان القاتمة من الأزرق والأحمر متجاورة مع مساحة فاتحة من اللون الـــتركوازى ، ويغلـــب التجميع على المساحة الكلية للطبق ونظراً لأن اللون التركوازي يعتبر مشـــتق من اللون الأزرق فقد ظهر الملمس على المساحة الكلية للطبق بشكل محايد مع اللون والتأثيرات اللونية للطبق .

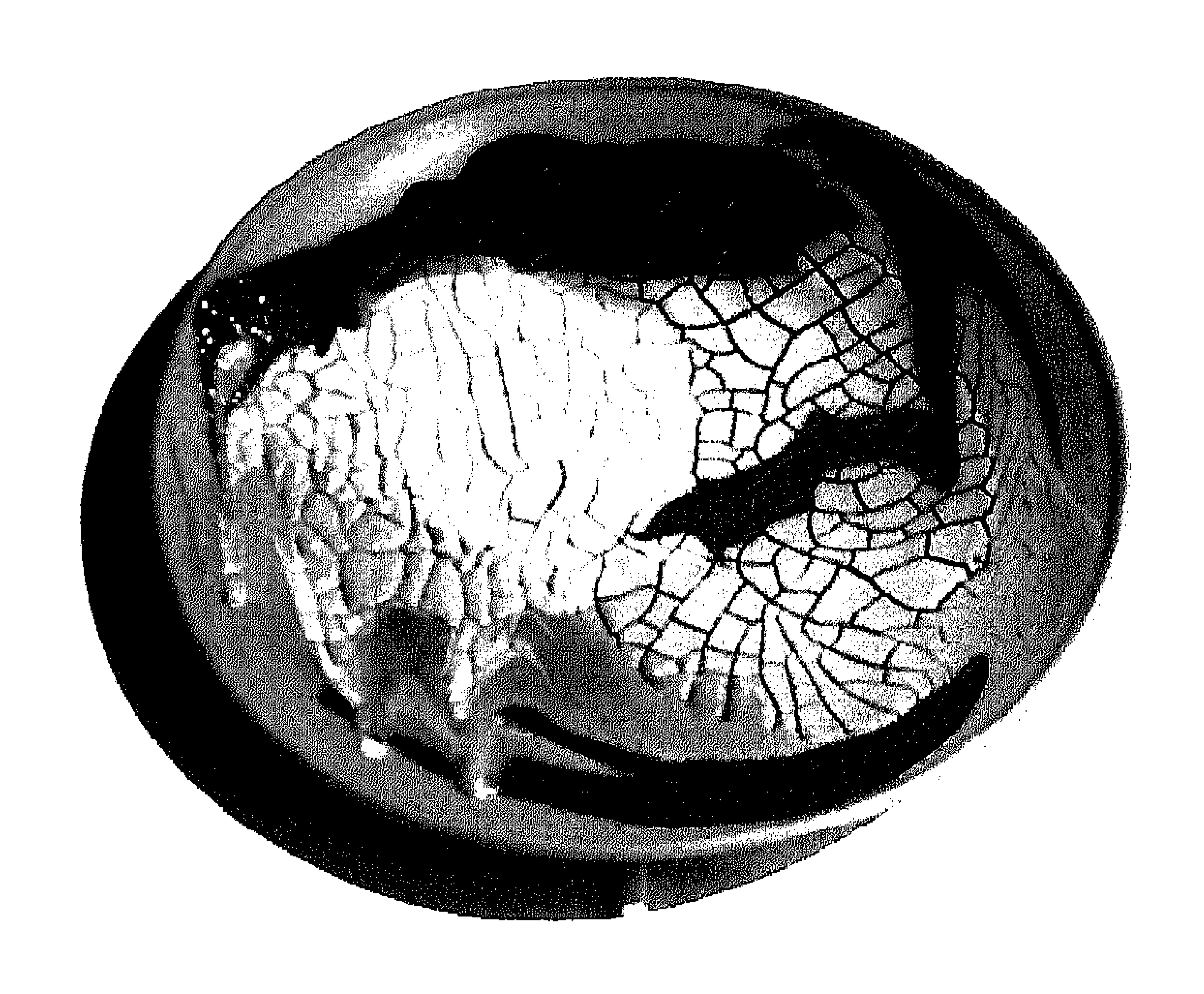
● **تطبيق (6)**

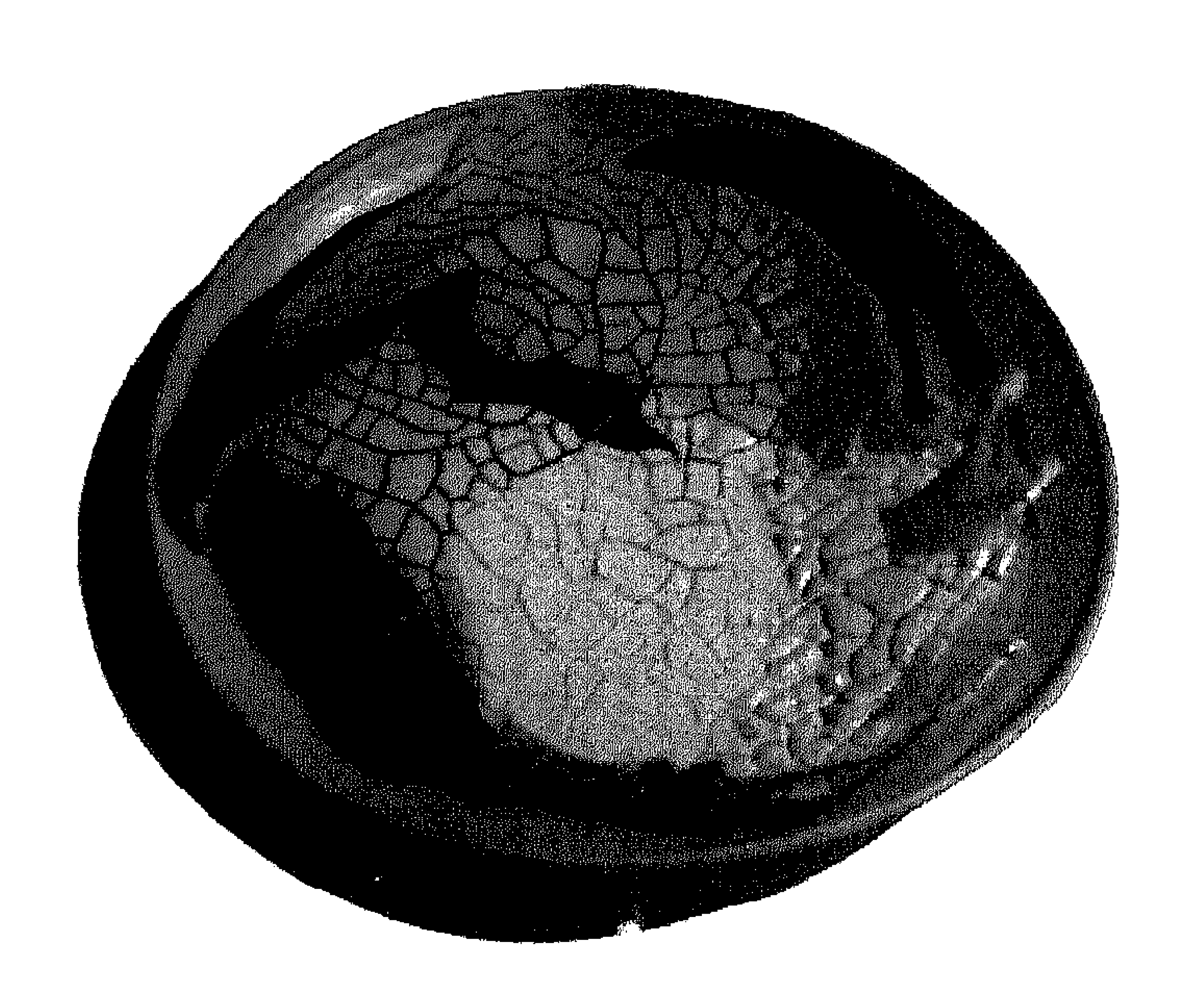
هـــناك وحـــدة في ملمس الطلاء وتضاد لونى واضح بين الأزرق القاتم والأبيض الناصع على مســاحة الطـــبق الكلـــية ونرى كل مساحة مستقلة بذاتها بدون تداخلات لونية فيما عدا بعض الظـــلال اللونـــية الـــزرقاء علـــى المساحة البيضاء مما يزيدها سطوعاً ، وكذلك عند خطوط الإتصـــال بين الأزرق والأبيض نجد أن القطع الصغيرة التي تعطى ملمس التجميع النهائي في مـــناطق اتصـــال اللونين تجمع بين اللون الأبيض واضحاً مع الأزرق ، والأزرق واضحاً مع الأبيض أيضاً على نفس القطعة بشكل جيد من ناحية الرؤية الفنية .
ووجـــود التجميع على اللون الأبيض مجاوراً للتجميع على اللون الأزرق يظهر جمال الملمس على اللون الفاتح وعلى اللون القاتم أيضاً ، وإختلاف الإحساس الناتج عن كل منهما على حده ، مـــع تباين الرؤية للأجزاء الصغيرة والكبيرة للطلاء والتي تكون الملمس النهائى للقطعة من اللونيـــن . التضاد اللوني مع الإتحاد في الملمس أعطى الملمس وجود قوى وكأنه يفرض نفسه على الملتقى .



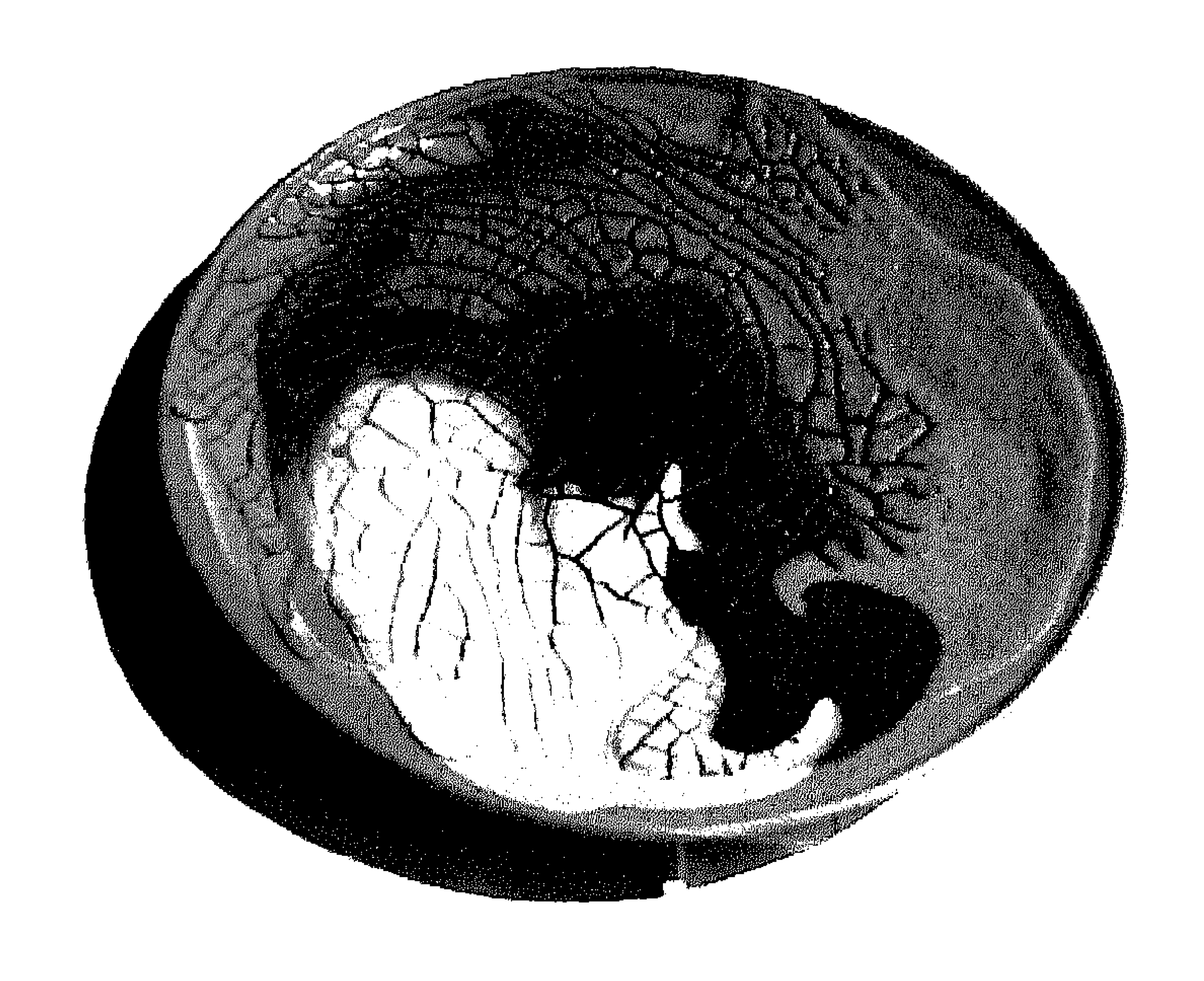


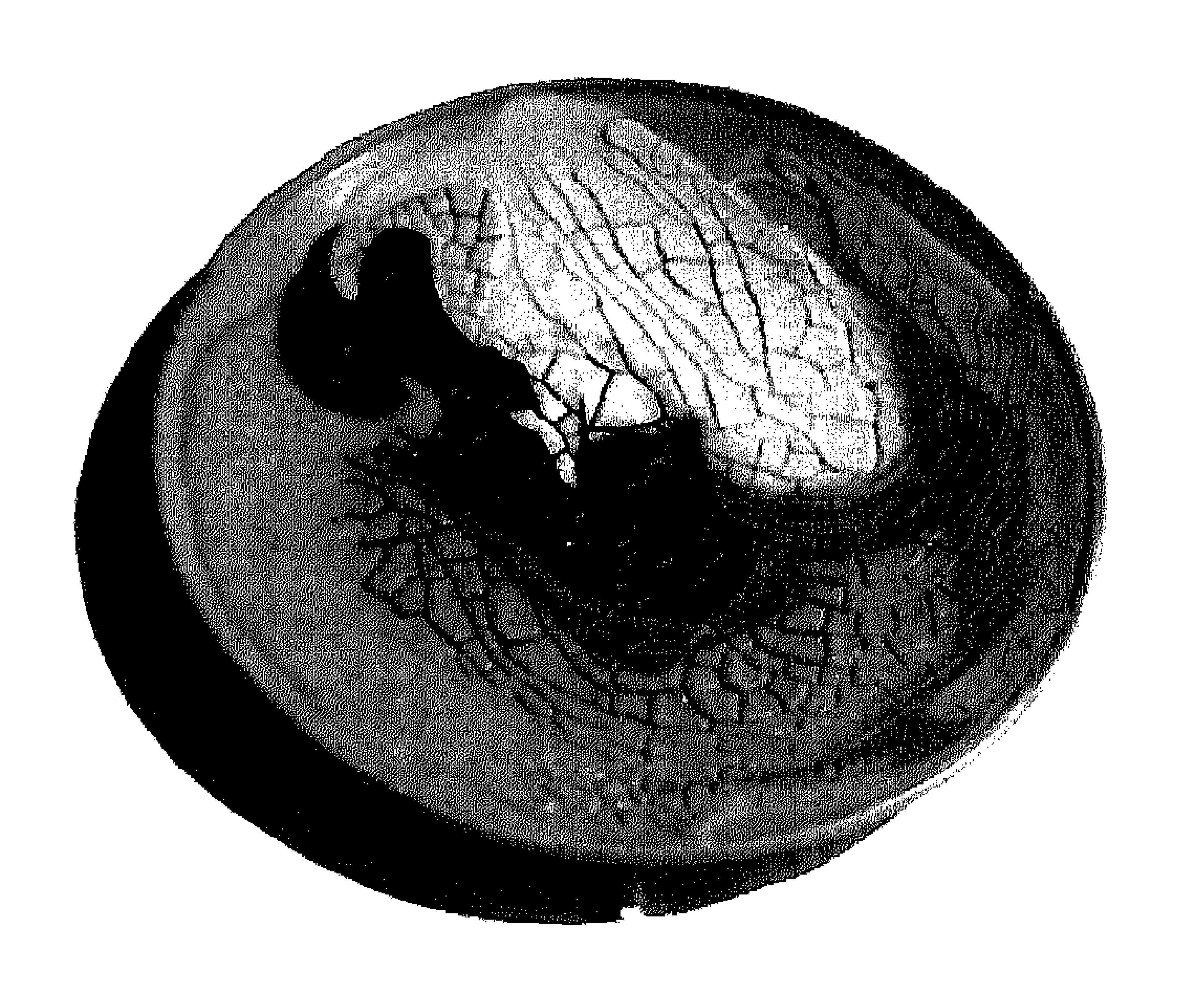
تطبيق (1)



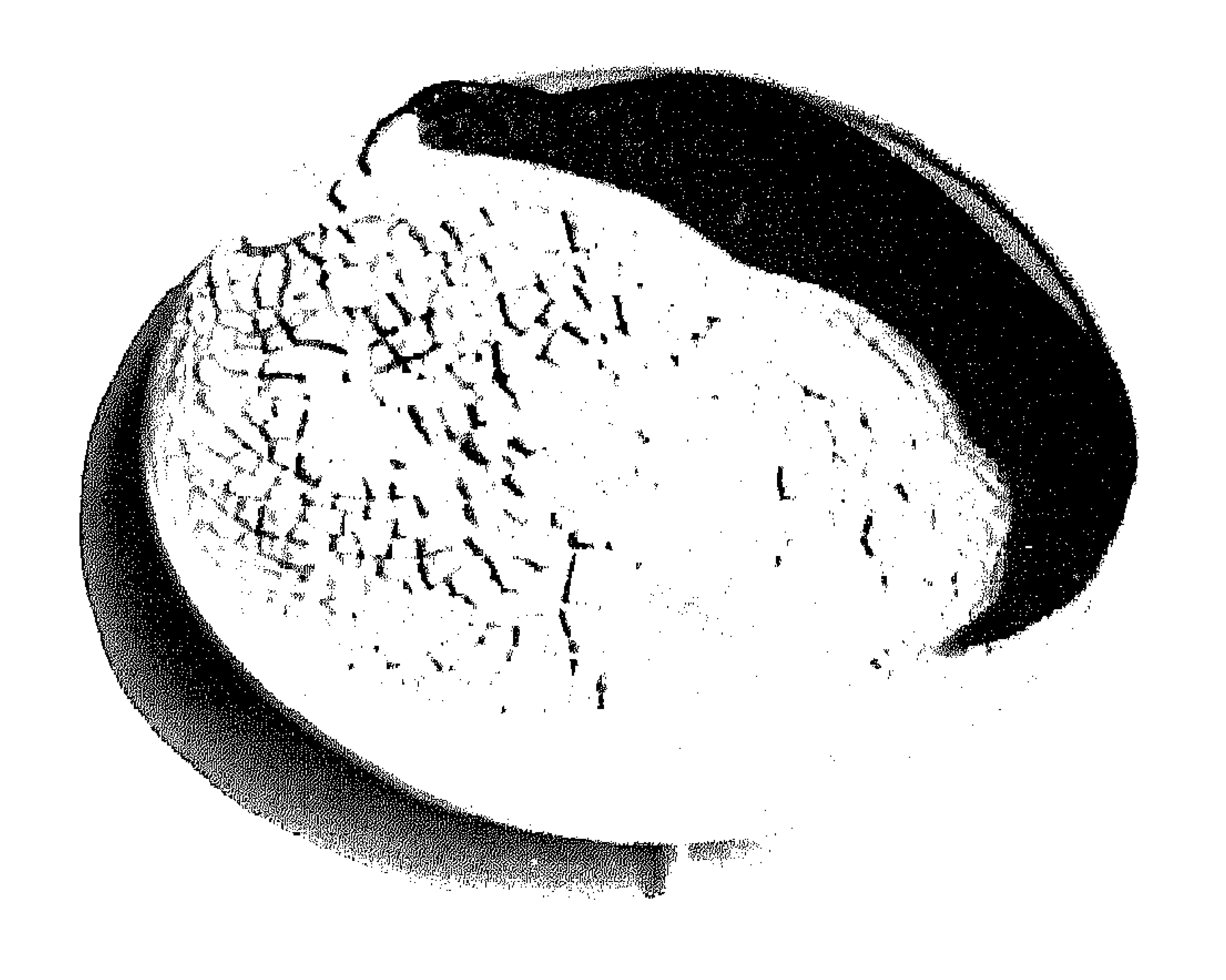


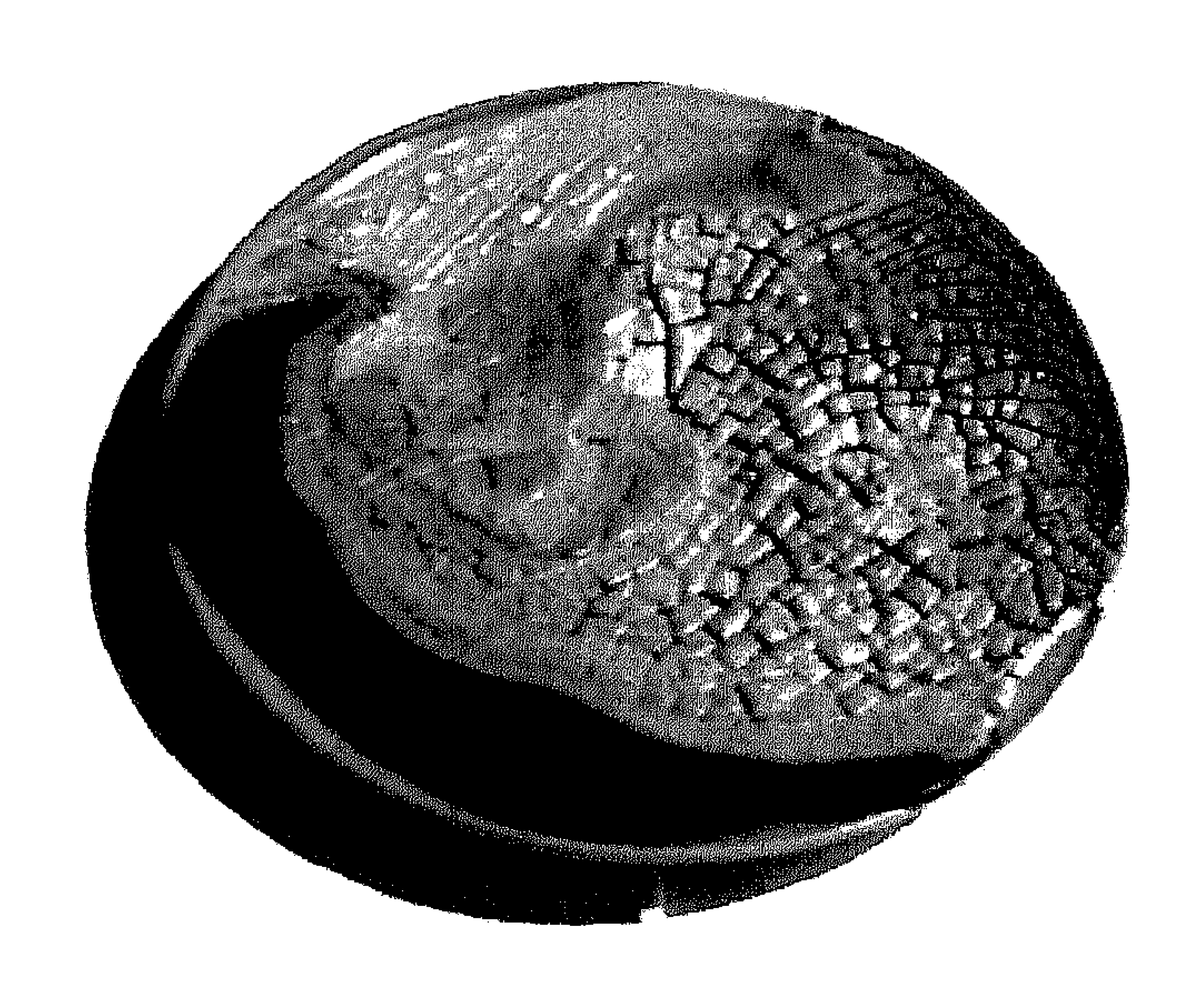
تطبيق (2)





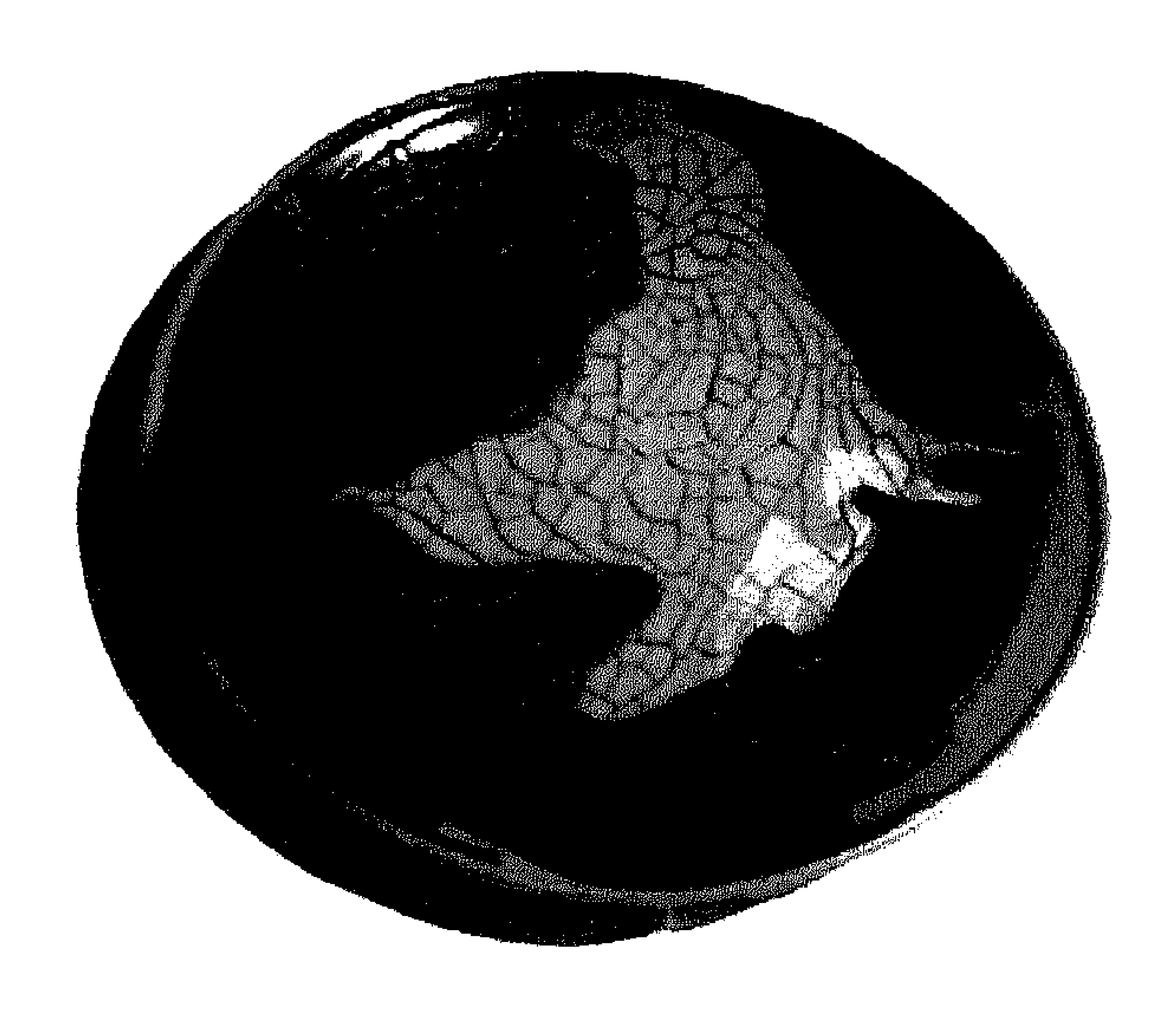
تطبيق (3)



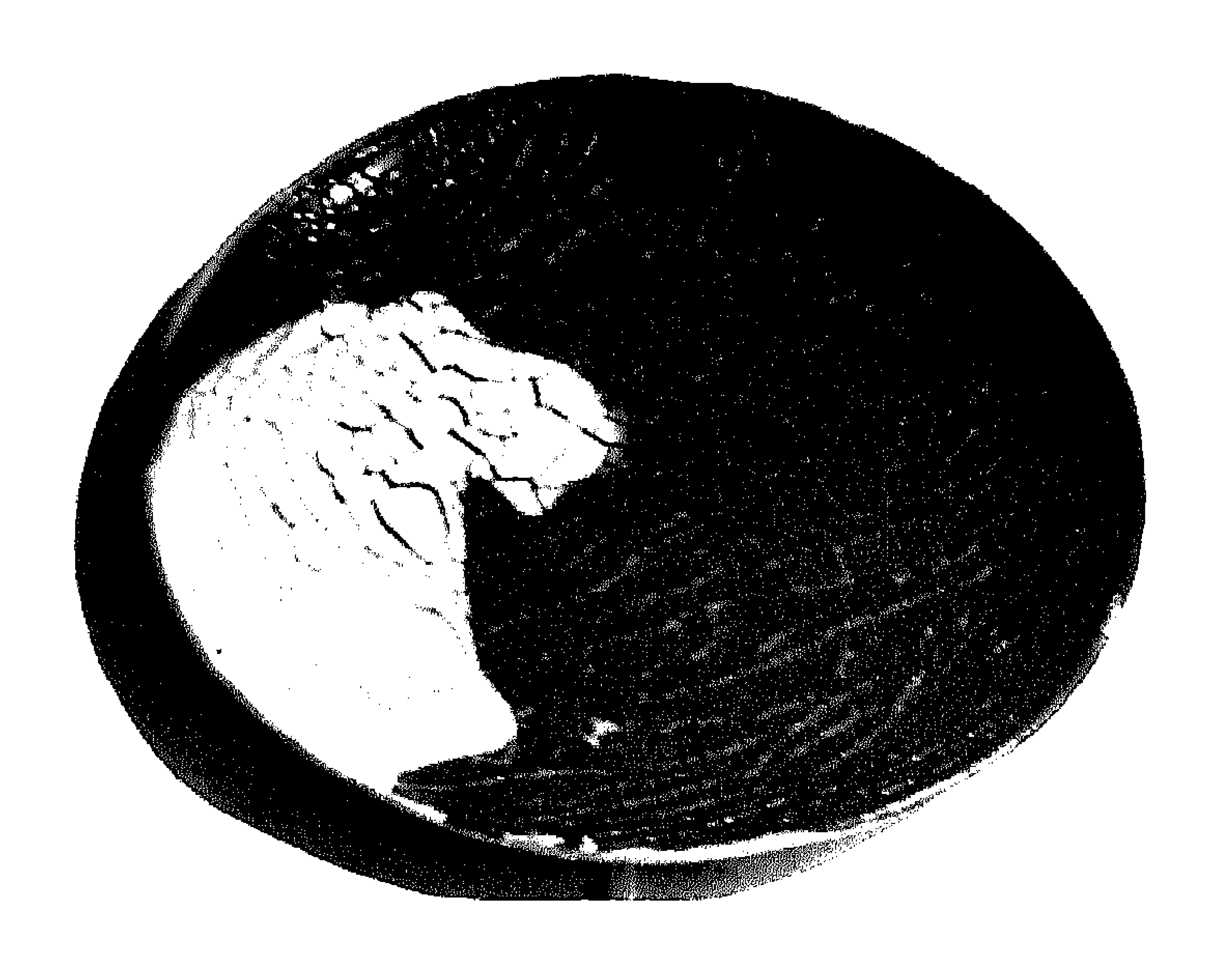


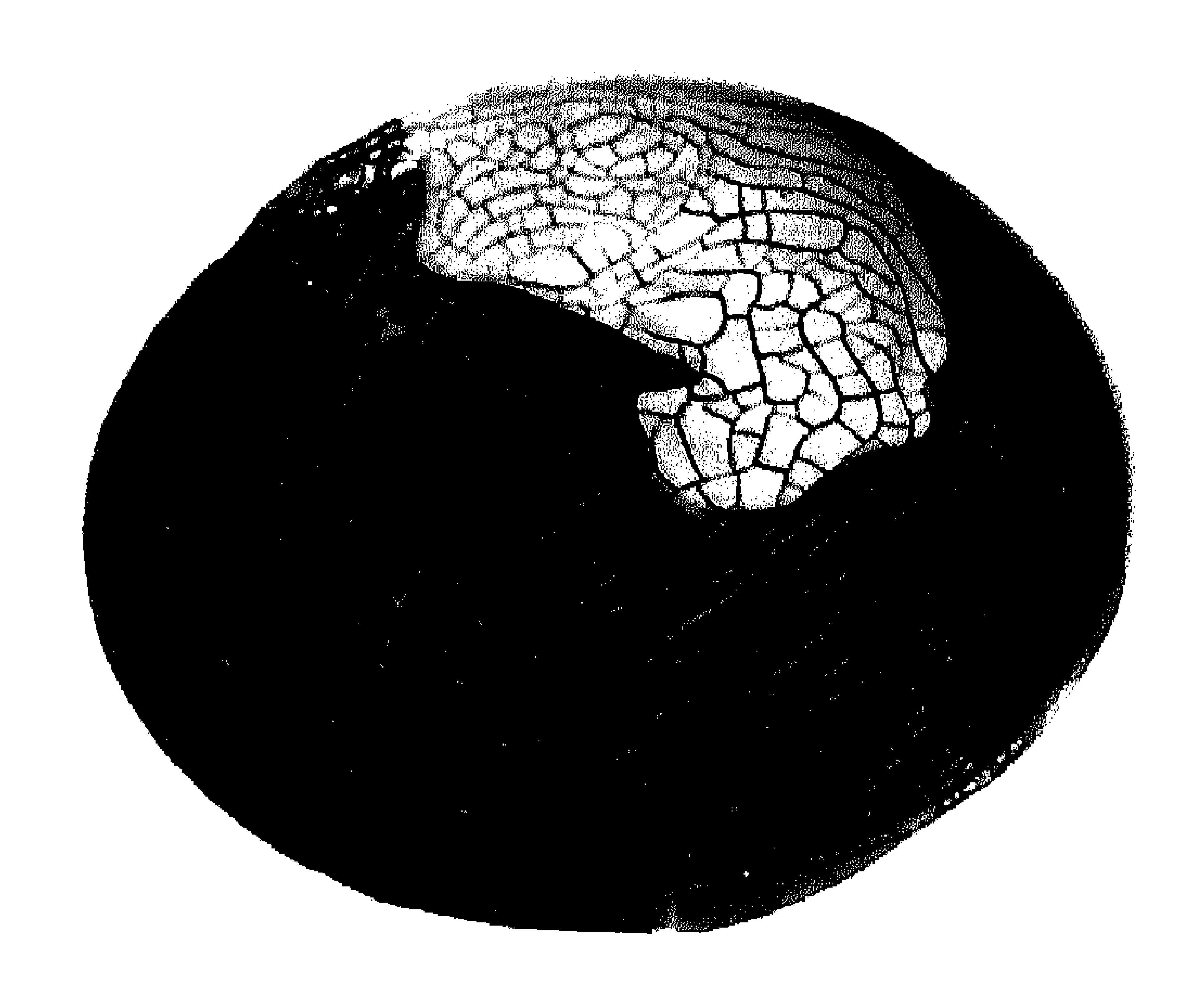
تطبيق (4)





تطبيق (5)





تطبيق (6)

• **تطبيق (7)**

يظهـر التجميع بشكل متمركز في منتصف الطبق ومنتشراً بشكل دائري خلال المساحة الكلية له من خلال الطلاء الأبيض ، ويختلط به الطلاء العسلي الفاتح على جميع حواف الطبق ممتلئاً بالـثقوب الإبريه والحفر ، مع وجود مساحات يمتزج فيها هذا بذاك ،فنرى مساحة بيضاء بها تجمـيع ولكـنه منـتفخ قلـيلاً عن المساحة المستوية في منتصف الطبق ،مع إمتلاء الخطوط الفاصلة بين قطع الطلاء المتجمع بالطلاء العسلي .

ويرجع الإنتفاخ في بعض مساحات التجميع لوجود طبقة من الطلاء العسلي (الملون بثاني أكسيد المنجنيز) تحت طبقة الطلاء البيضاء المتجمعة .

• **تطبيق (8)**

تـتدخل الألـوان والملامـس علي المساحة الكلية للطبق فنجد الألوان قد أوجدت خطاً خارجياً خاصاً بها بداخل الخط الخارجي الطبيعي للطبق، وشكل اللون الأزرق و الأبيض والتركوازي تداخـلات لونـية جيدة ومتناسقة تتحد في ملمسها وتحتوي بداخلها علي البثور التي زادت في منتصف الطبق لتشكل حفراً أعمق.

• **تطبيق (9)**

الملمس الغالب في معظم الطبق هو ملمس البثور والثقوب ويأتي التجميع كلمسة زخرفية نهائية عند حافة الطبق .

وكمـا جـاءت الألوان الأساسية متمثلة في الأحمر والأزرق تجاورها الألوان الفرعية المنبثقة منها متمثلة في الجنزاري والعسلي الغامق ، جاءت الملامس أيضاً تعبر عن هذا الطابع فنجد التجميع يظهر في نهاية الطبق وكأنه منبثق من البثور أو العكس .

ونظـراً لوجـود كلاً من التجميع والبثور مع كل الألوان الموجودة تقريباً فقد ساعد ذلك على ظهور جمال الملامس متجاورة على نفس اللون كما ساعد على إيجاد ترابط من خلال الملمس بين المساحات كما يوجد ترابط لونى فيما بينها .

• **تطبيق (10)**

تظهر الأوان بدرجات فاتحة والملمس ذو سمك خفيف علي السطح.

● تطبيق (11)

التجمـــيع فـــي هـــذا الطبق يظهر برؤى مختلفة ، فنجد مساحة صغيرة في المنتصف باللون الأبيض ظهر بها التجميع مستوياً على السطح ، بينما نجده في مساحة أخرى قد إصطبغ بلون زيتوني فاتح بسبب وجود طبقة الطلاء الأخضر تحت الطلاء الأبيض نتج عنها تغير في اللون وتغـــير فـــي الملمـــس أيضاً ، فنجد أن أجزاء التجميع في الطلاء الأبيض قد أصبحت متصلة ببعضها البعض عن طريق المصهور الزجاجي الأخضر كما أنها أصبحت اكثر التصاقاً ،

وفـــي جزئية أخرى نرى طبقة خفيفة من الطلاء الأخضر قد غطت تجميعات الطلاء الأبيض وإنصهرت عليها مما أكسبها لوناً اخضراً وكأن الأكسيد قد تم إضافته إلي الطلاء الأبيض قبل التطبـــيق (من حيث تجانس اللون) كما أن الأجزاء المكونة للملمس قد أصبحت اكثر استدارة عـــند حوافهـــا وذات سطح متموج ونجدها على هيئة قطع مستقلة وكأنها قد إنفصلت من تلك المساحة التي يوجد بها التجميع على هيئة قطع ملتصقة من الطلاء .

وفـــي المناطق الخضراء نجد البثور موجودة بدرجات متفاوتة مع وجود تجميعات داخلية في المساحات الملونة نتيجة لوجود طبقة من الطلاء الأبيض الذي يتجمع على السطح غطتها طبقة أخرى من الطلاء الأخضر مما أدى إلي زيادة السمك مع وجود التجميع والبثور معاً .

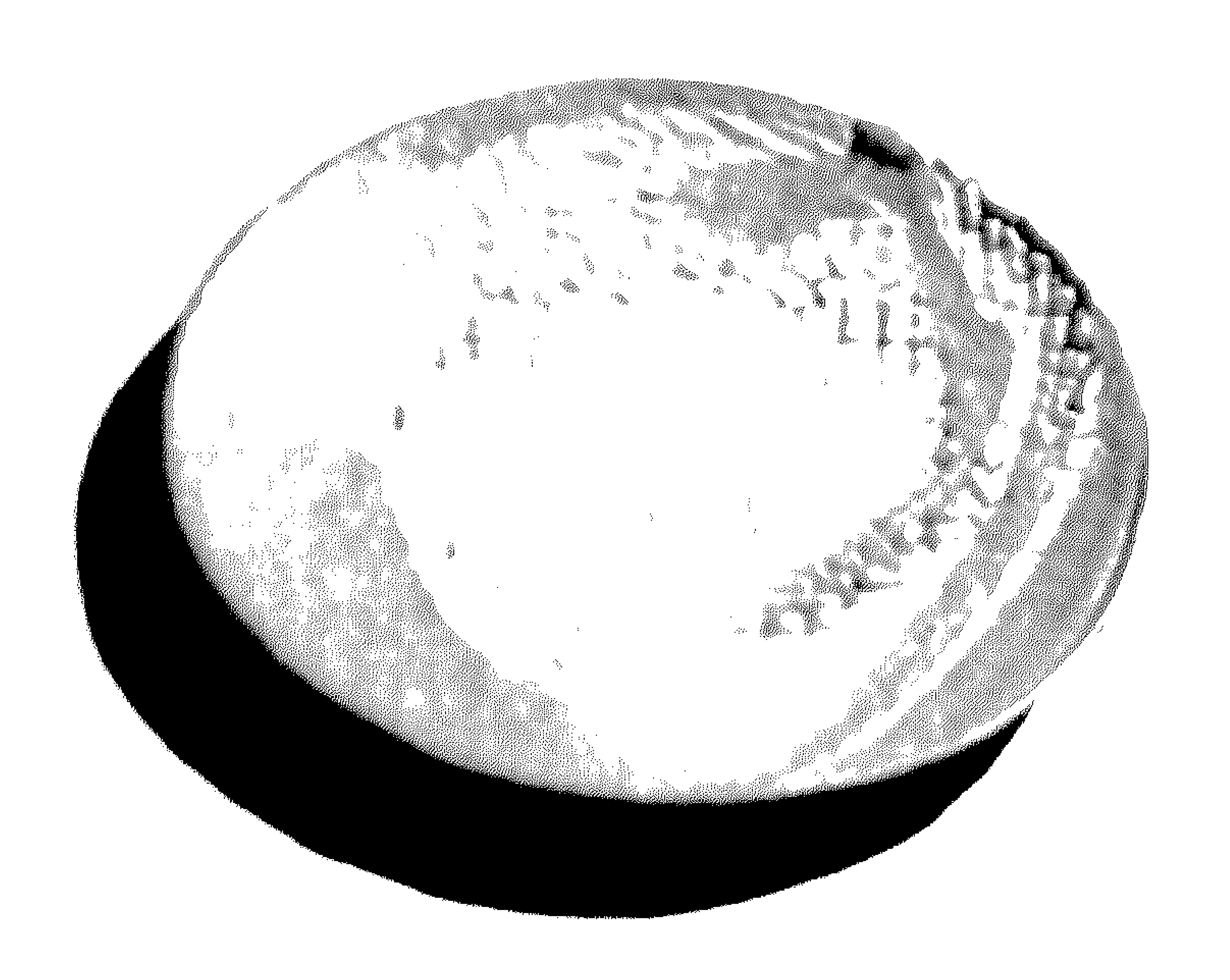
● تطبيق (12)

توجـــد ملامس متنوعة ومختلفة على الطبق كما توجد ألوان مختلفة أيضاً عليه ، فنجد اللون الأبـــيض والتركوازي متجاوران في ملمس واحد وهو التجميع ويجاورهما اللون الأزرق أيضاً فـــي نفس الملمس ، اللون التركوازي والأزرق يختلط بهما اللون الأبيض مما يعطي تجزيعات خفيفة .

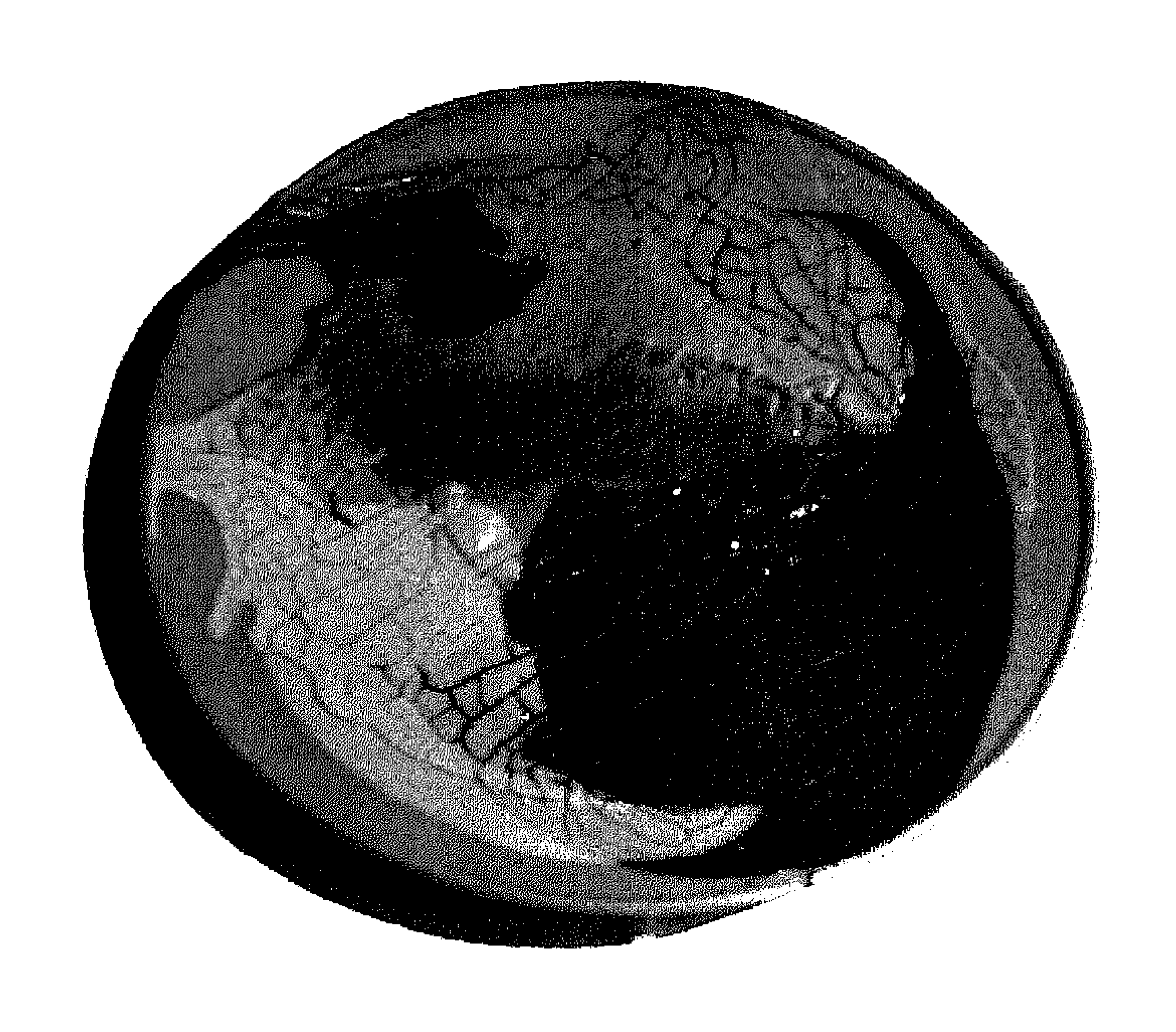
يشغل اللون العسلي الفاتح مساحة كبيرة من الطبق وهو ذو ملمس به حفر وثقوب إبرية ونجده وكأنـــه يحتضن البقعة الخضراء المجاورة له ويمتزج اللونان في منطقة إتصالهما كما يمتزج الملمس فيها أيضاً حيث أن اللون الأخضر به بثور خفيفة واللون العسلي به ثقوب وحفر .

وعـــند حواف الطبق نجد أن اللون العسلي ذو الثقوب يظهر محمولاً على تجميعات من اللون الزيتونـــي فـــي جهـــة وتجميعات من اللون التركوازي في جهة أخرى مما يؤدى إلى وجود علاقات ملامسية منسجمة .



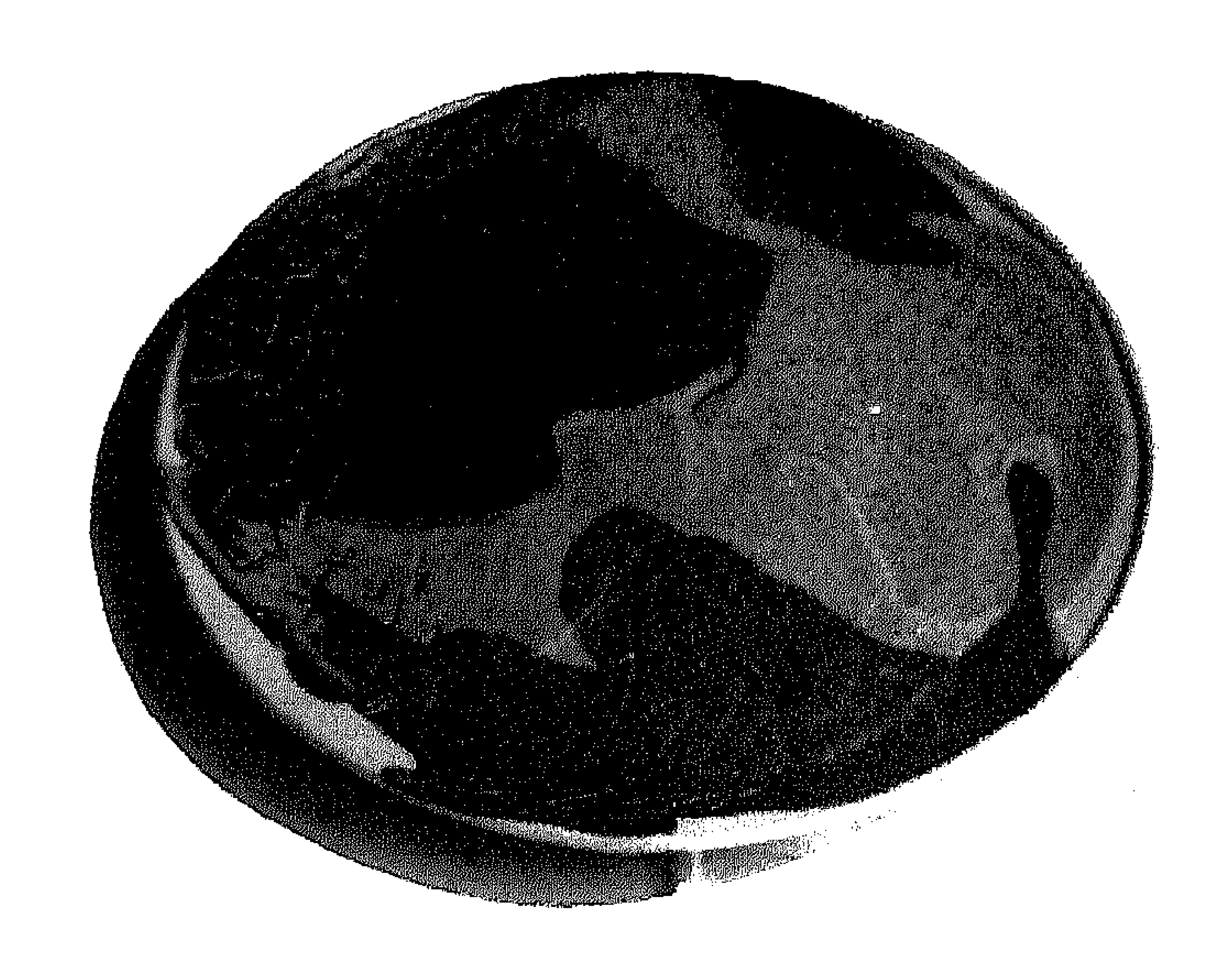


تطبيق (7)





تطبيق (8)



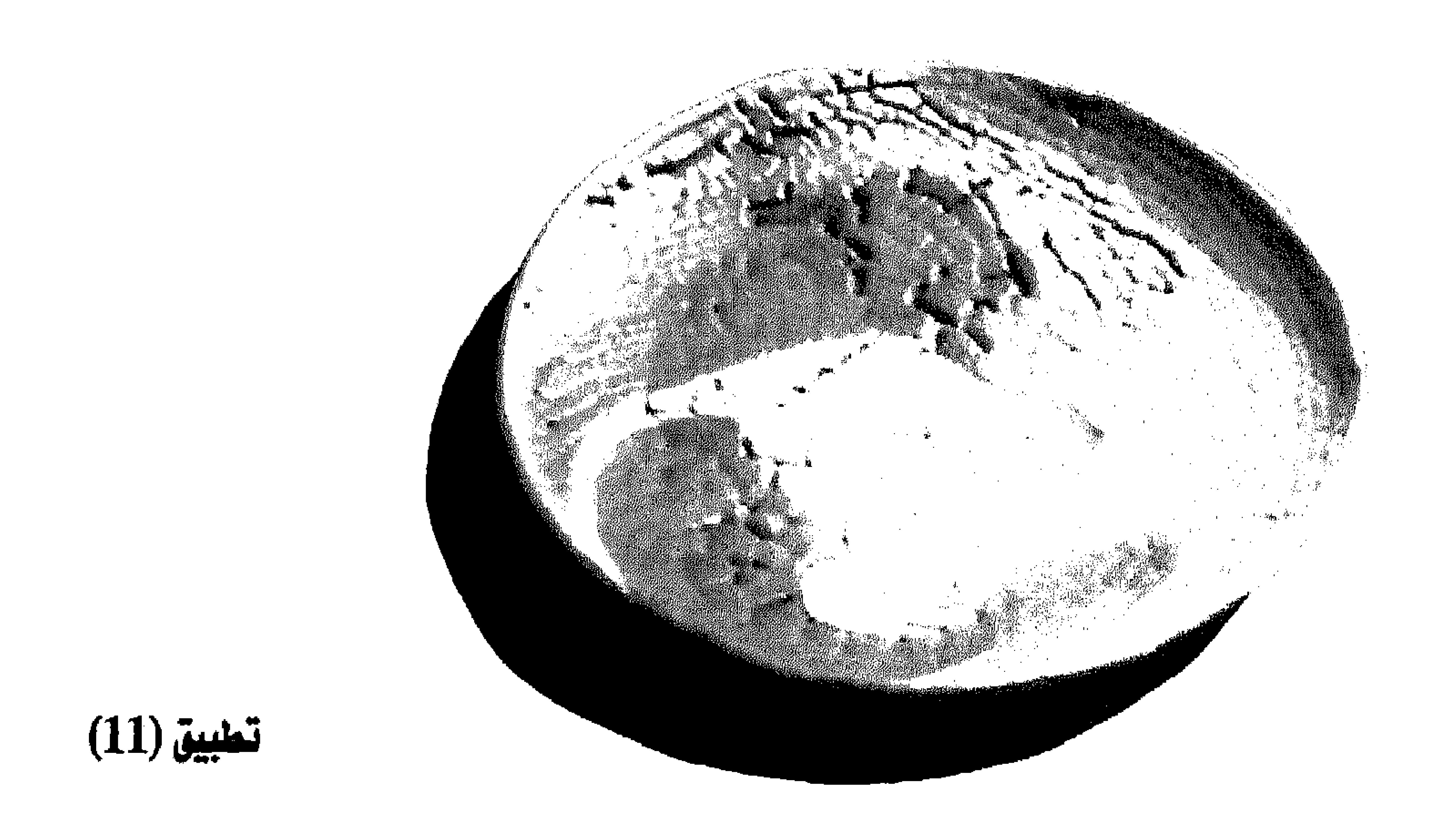


تطبيق (9)

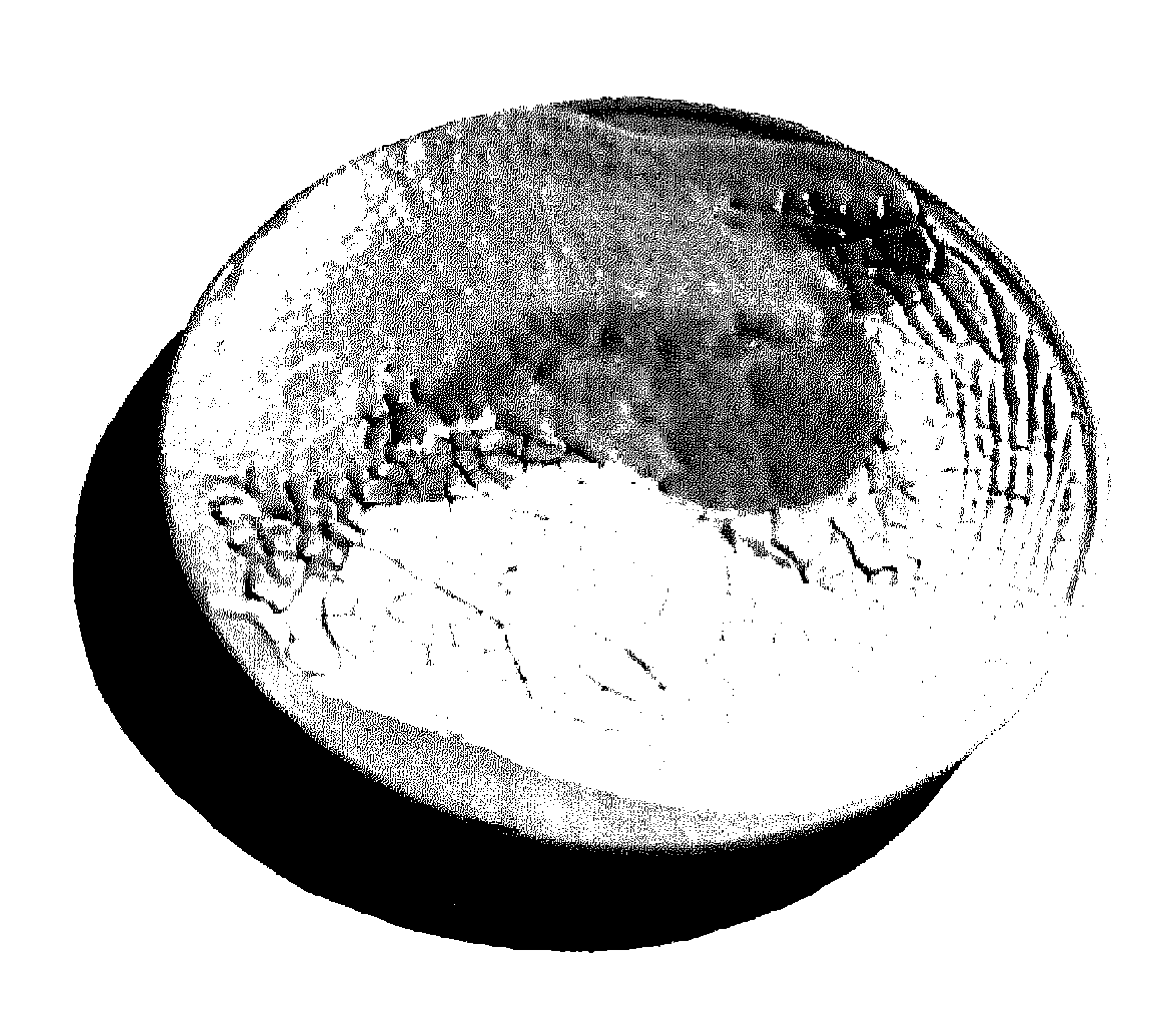




تطبيق (10)



تطبيق (11)



تطبيق (12)

• **تطبيق (13)**

تظهــر الألــوان كمســاحات منفصلة تقريباً علي الخلفية، وتتميز المساحة ذات اللون الأحمر بإمــتزاجها مع اللون الأبيض لتعطي درجات لونية متعددة مع وجود التجميع في هذه المساحة علي هيئة نقطة مركزية ينتشر منها التجميع خارجاً إلي حواف الطبق.

• **تطبيق (14)**

تخــتلف رؤيــة هذا التطبيق عن باقي التطبيقات نظراً لإختلاف طريقة تطبيق الطلاء ويعتبر التأثير اللوني أوضح من الملمس في هذا التطبيق فيما عدا بعض الإنتفاخات في الطلاء أكسبته ملمساً متميزاً

• **تطبيق (15)**

يظهــر الطــلاء الأحمــر ذو البثور على مساحة كبيرة من الطبق بينما يظهر الطلاء الأبيض المــتجمع علــى هيئة لمسات صغيرة على أطرافه ، وعلى حوالي ثلث الطبق يظهر التجميع مغطــى بالبــثور الحمراء وقد نتج هذا التأثير عن إمتصاص الجسم لطبقة من الطلاء الأبيض أثــناء التطبــيق تــم تغطيتها بطبقة خفيفة من الطلاء الأحمر مما جعل التأثير المتجمع يظهر كخلفــية للبثور. وتتحقق القيمة على السطح الخزفي السابق من خلال إختلاف الدرجات اللونية وتداخلها مع بعضها في إطار فني راق .

• **تطبيق (16)**

الملمــس الكلــي للطــلاء هــو تجمــيع متجانس من اللون الأبيض والتركواز ويشغل اللون الــتركوازي مساحات متفرقة وكبيرة بينما يظهر اللون الأبيض كمساحة واحدة تملأ الفراغات بيــن الأجــزاء الملونة مع وجود سحابات تركوازية على المساحة البيضاء تعمل على ترابط المساحة الكلية للون .

وعلــى القطــع الصغيرة المكونة للملمس نجد أن بعضها يحمل اللونين معاً فنجد قطعة واحدة بيضاء اللون وبها شريط تركوازي أو على حافتها لمسة خفيفة تركوازية اللون كما لو أن ذلك تم باستخدام فرشاه دقيقة للحصول على هذا التأثير ، كما نجد العكس أي قطعة تركوازية اللون عليها لمسات خفيفة من اللون الأبيض ، مما أدي إلى وجود درجات لونية مختلفة تثرى الرؤية العامة للطبق .

● تطبيق (17)

تمتزج الألوان وتتداخل الملامس بشكل شيق ويظهر التجميع الواسع والضيق خلال الطبق مما يضفي للتطبيق تذوقاً مختلفاً والمساحة التي يظهر بها اللون الأحمر ممتزجاً باللون الأبيض عند حافة الطبق قد شكلت خطاً خارجياً متميزاً من ناحية التأثير اللوني .

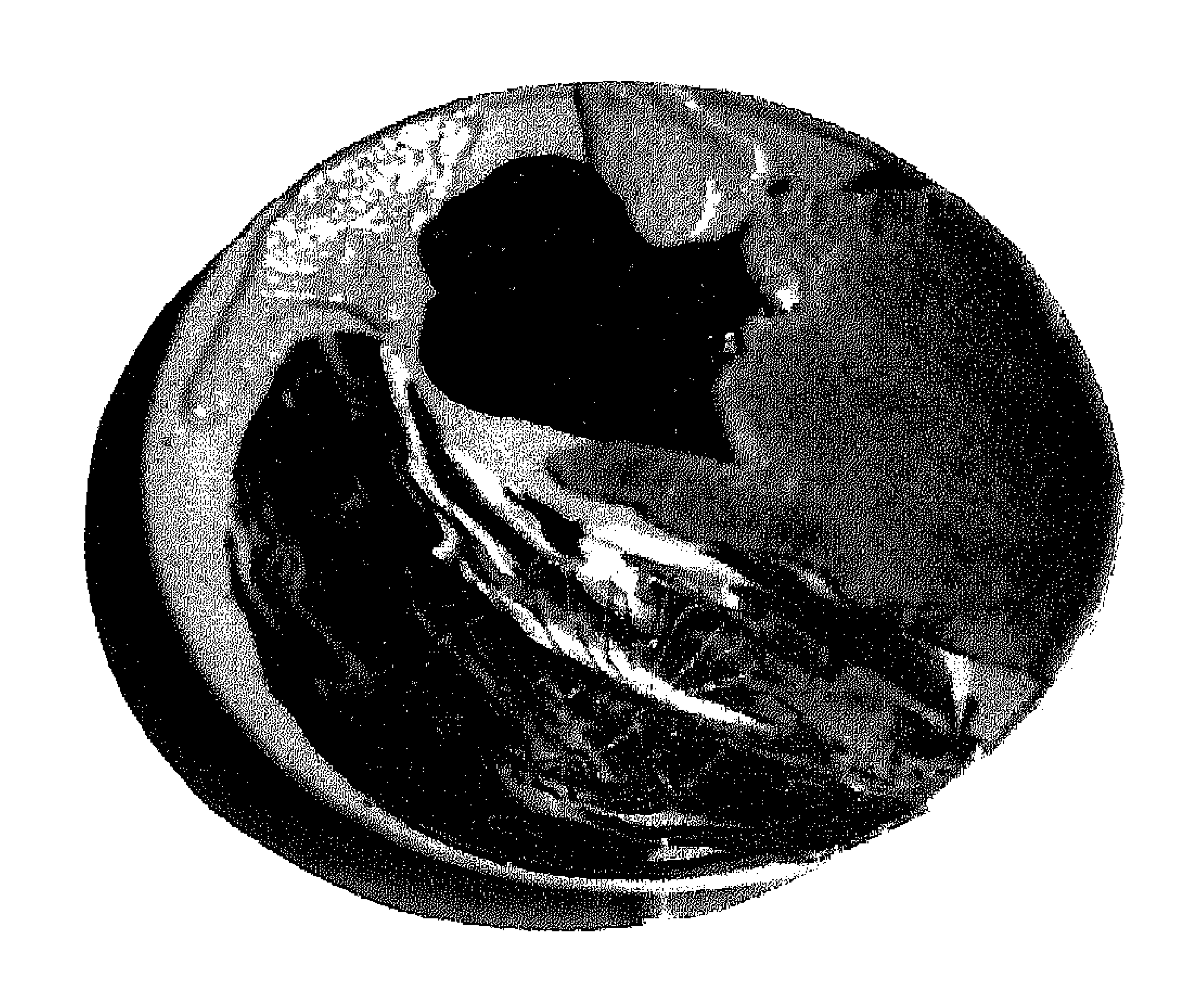
● تطبيق (18)

يظهــر التجميع مع الدرجات اللونية المختلفة شيقاً وجميلاً ، فنجد أن الأجزاء الصغيرة المكونة لملمــس الطــلاء كــل منها منفرداً في الدرجات اللونية الخاصة به مع وجود ترابط لونى بين المجموع الكلي لهذه الأجزاء والذي يعطي ملمساً نهائياً له نفس الخطوط المنحنية الموجود في المســاحات اللونية والتي تؤكد الخط الأساسي للشكل (الطبق) الذي يعتبر خلفية لتلك اللوحة الفنية اللونية الملامسية .

تطبيق (19)

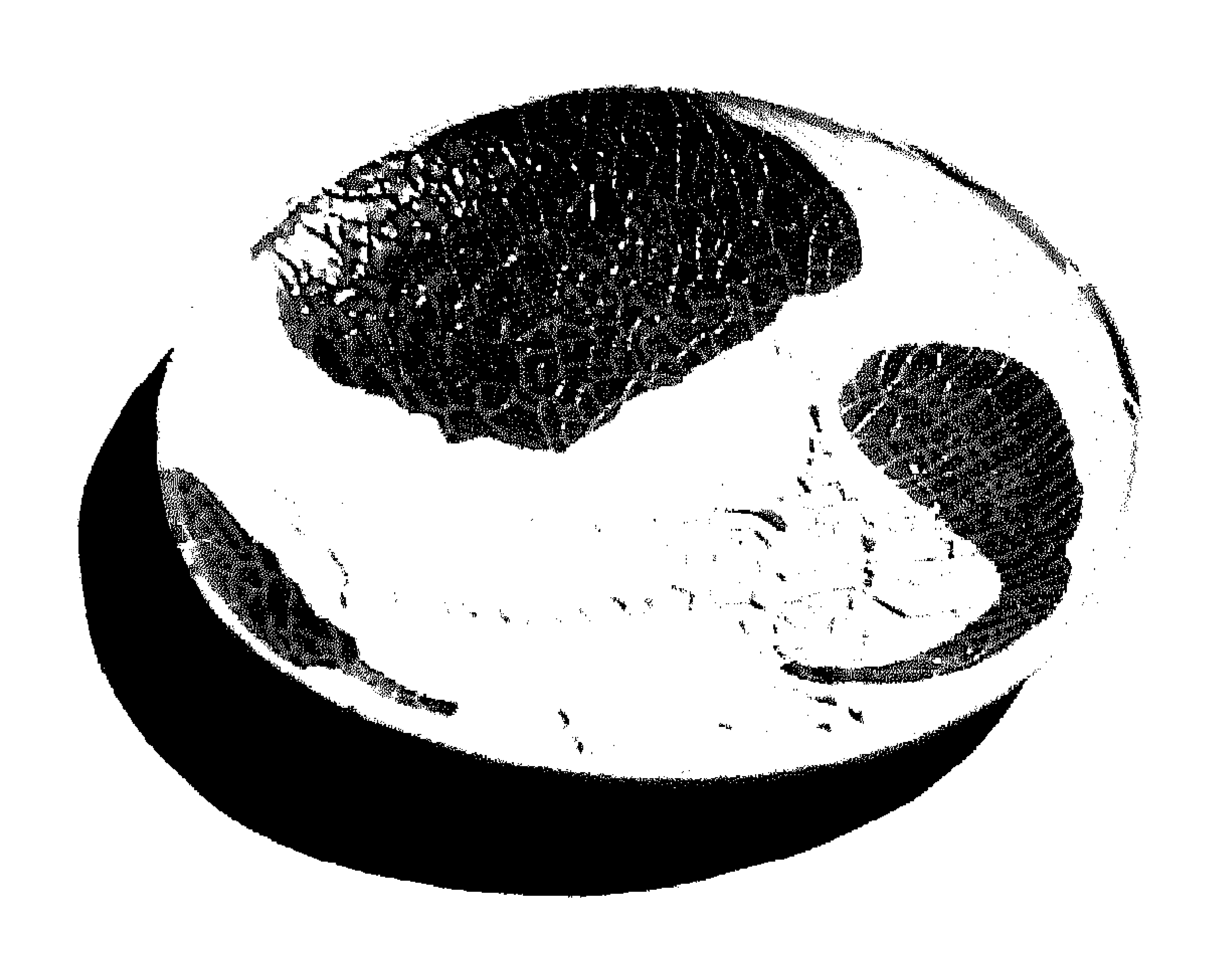
يــتأرجح الملمس العام للطبق بين التجميع الواضح تارة وبين البثور والثقوب تارة أخرى ، كما انه يتأرجح بين الألوان الواضحة القوية تارة وبين الألوان المركبة المتوسطة تارة أخرى.

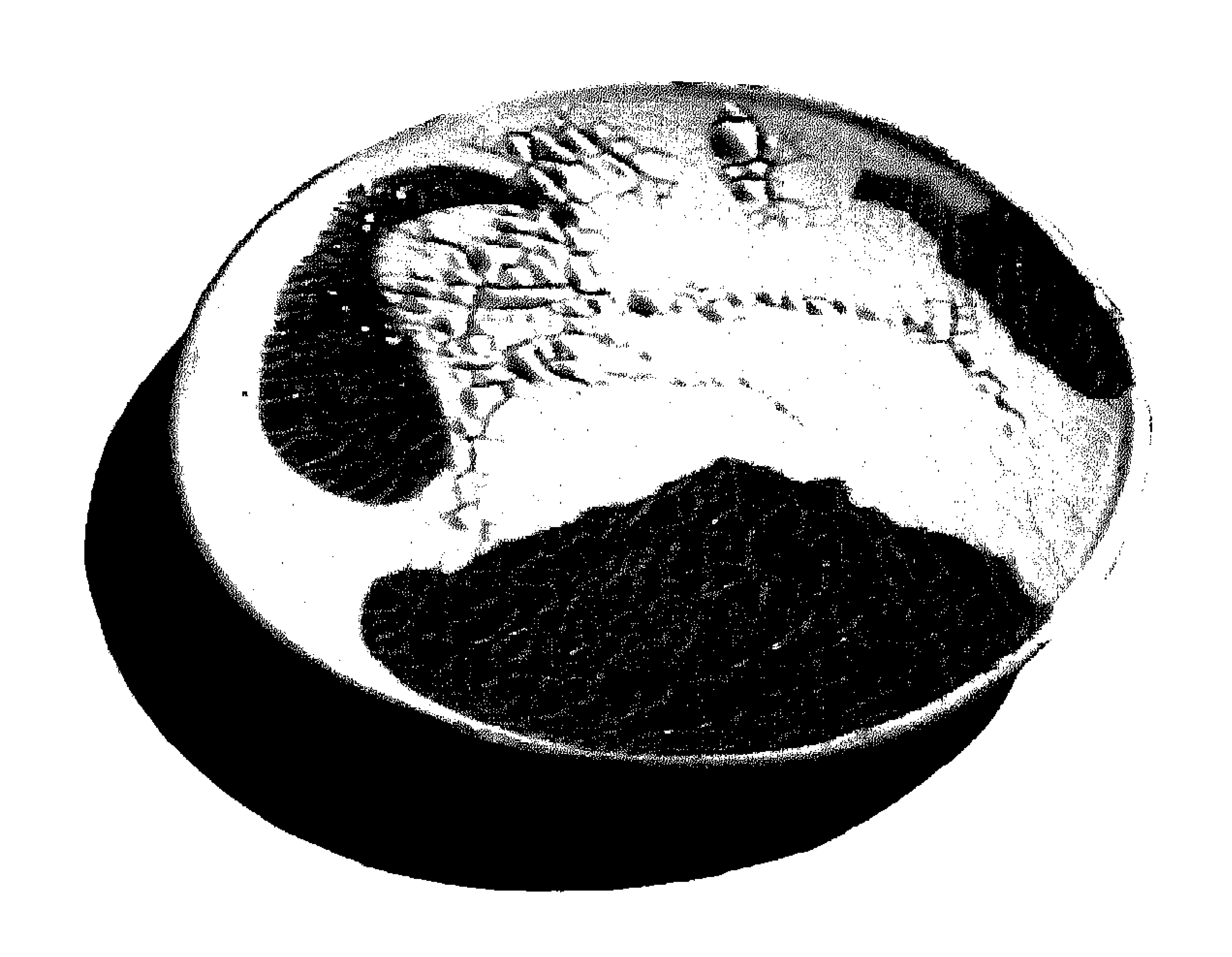
ونجد على أحد أطراف الطبق مساحة لونية زرقاء ذات تأثير متجمع يقابلها في الناحية الأخرى مــن الطــبق مساحة لونية حمراء ذات بثور وفى المنتصف بينهما درجات من اللون والملمس تعبر عن هذا وذاك .





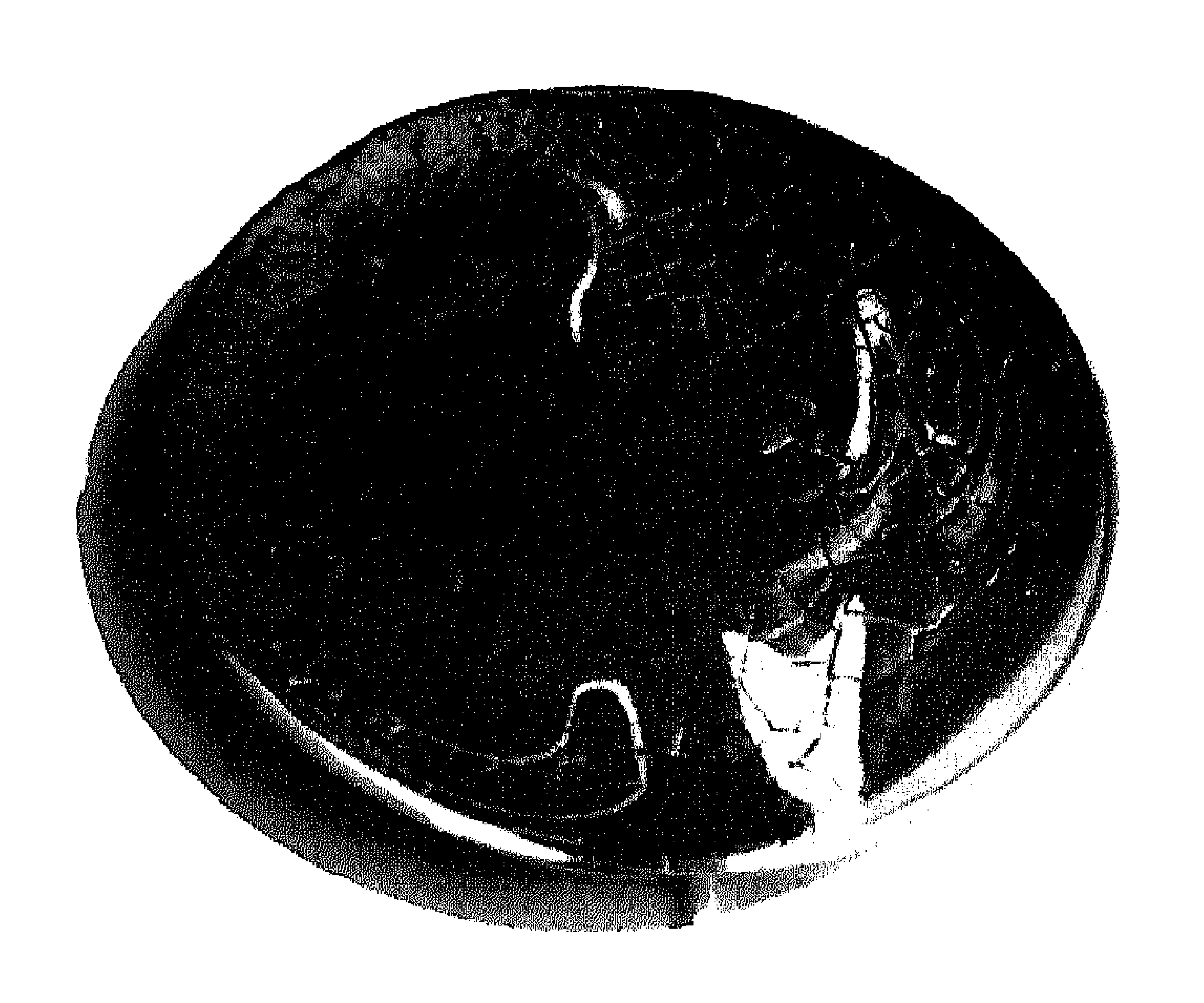
تطبيق (13)



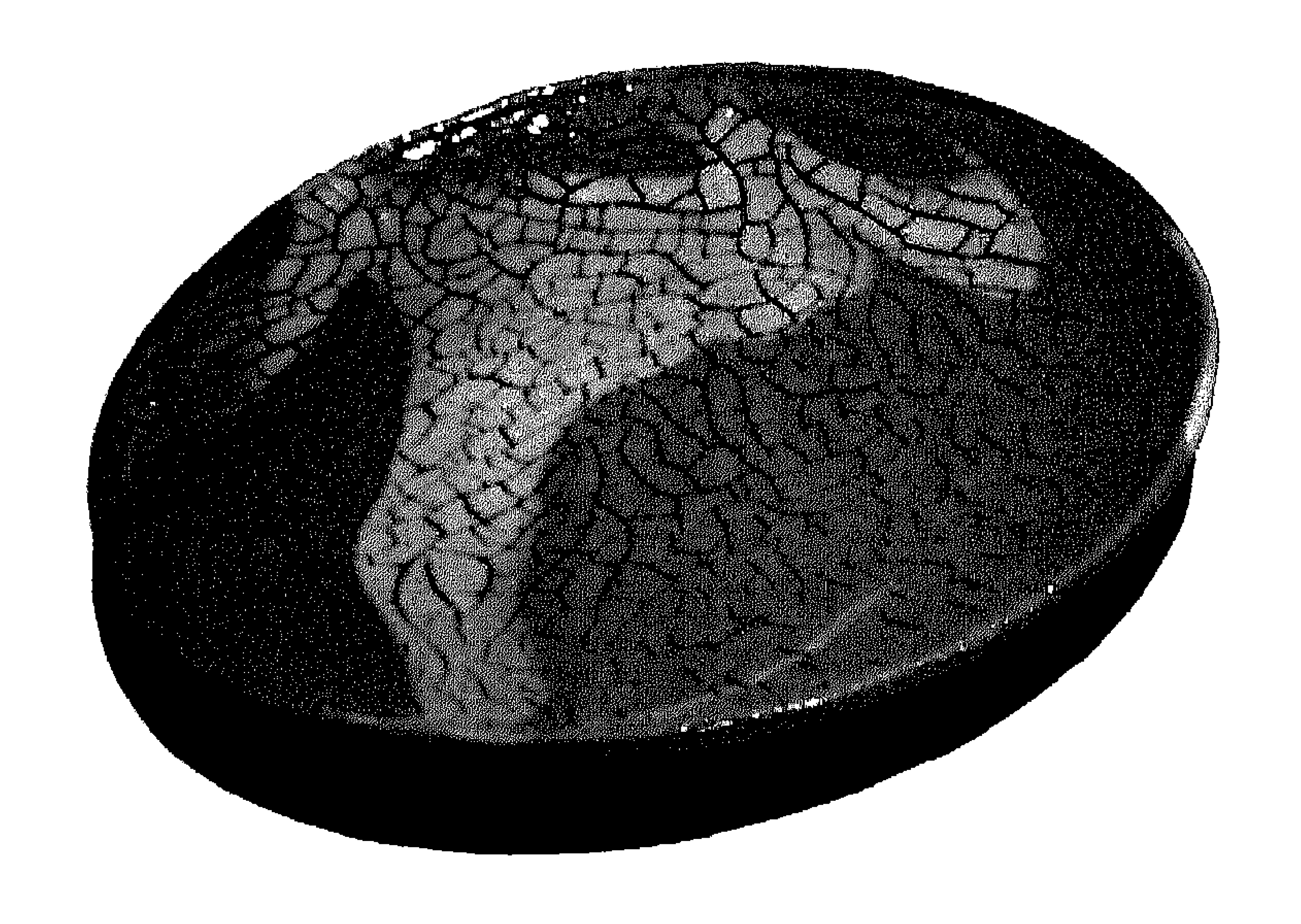


تطبيق (14)





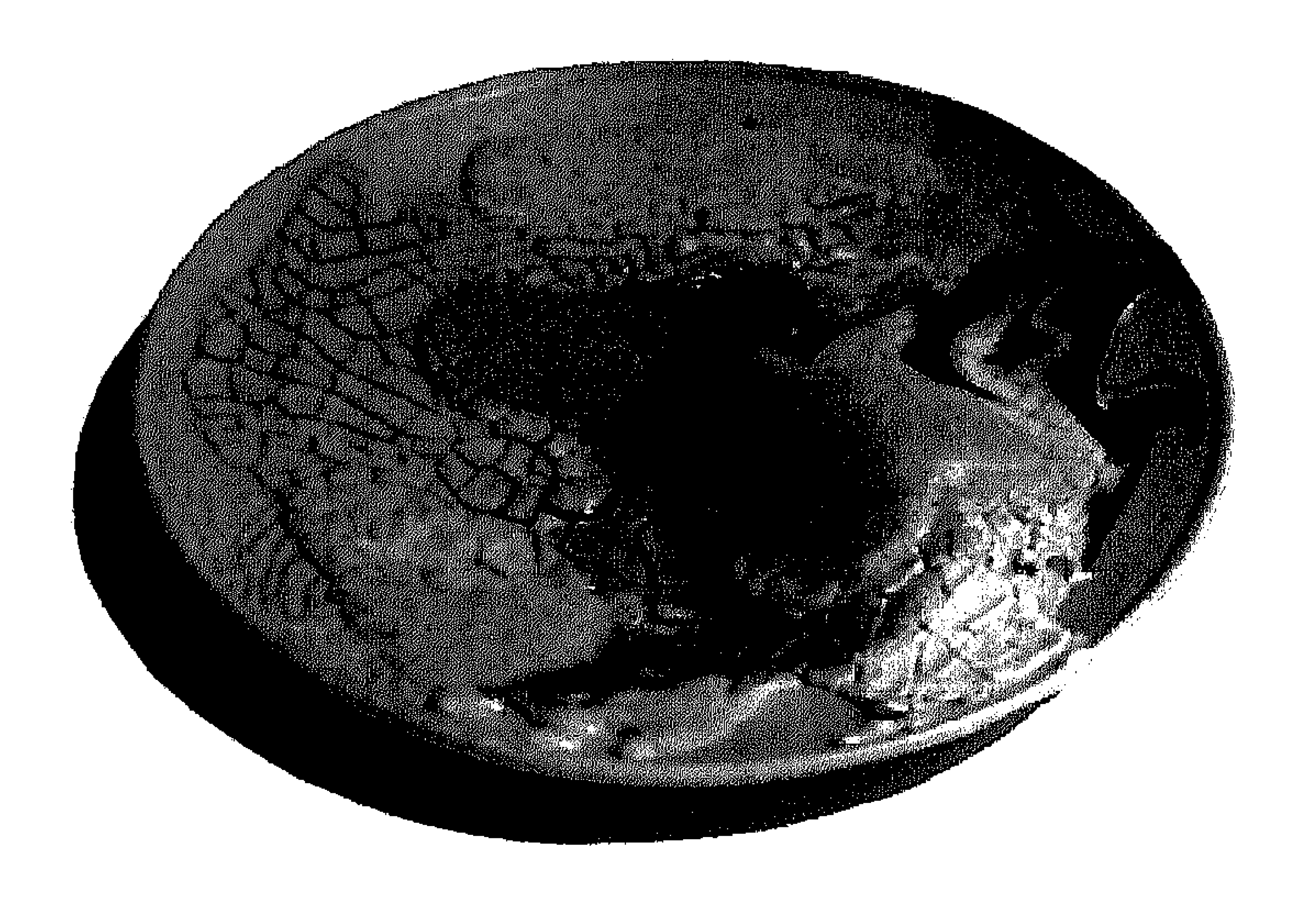
تطبيق (15)



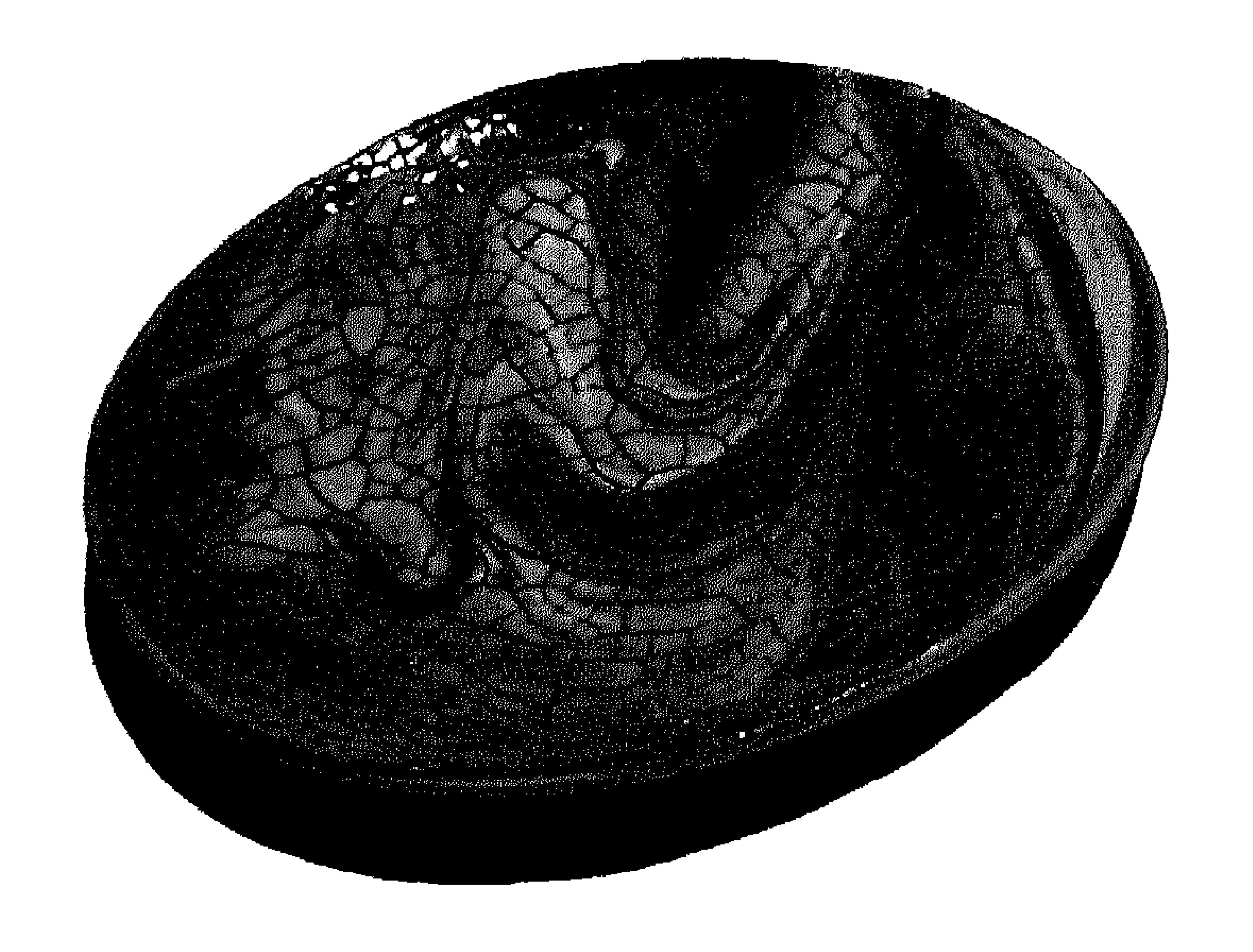


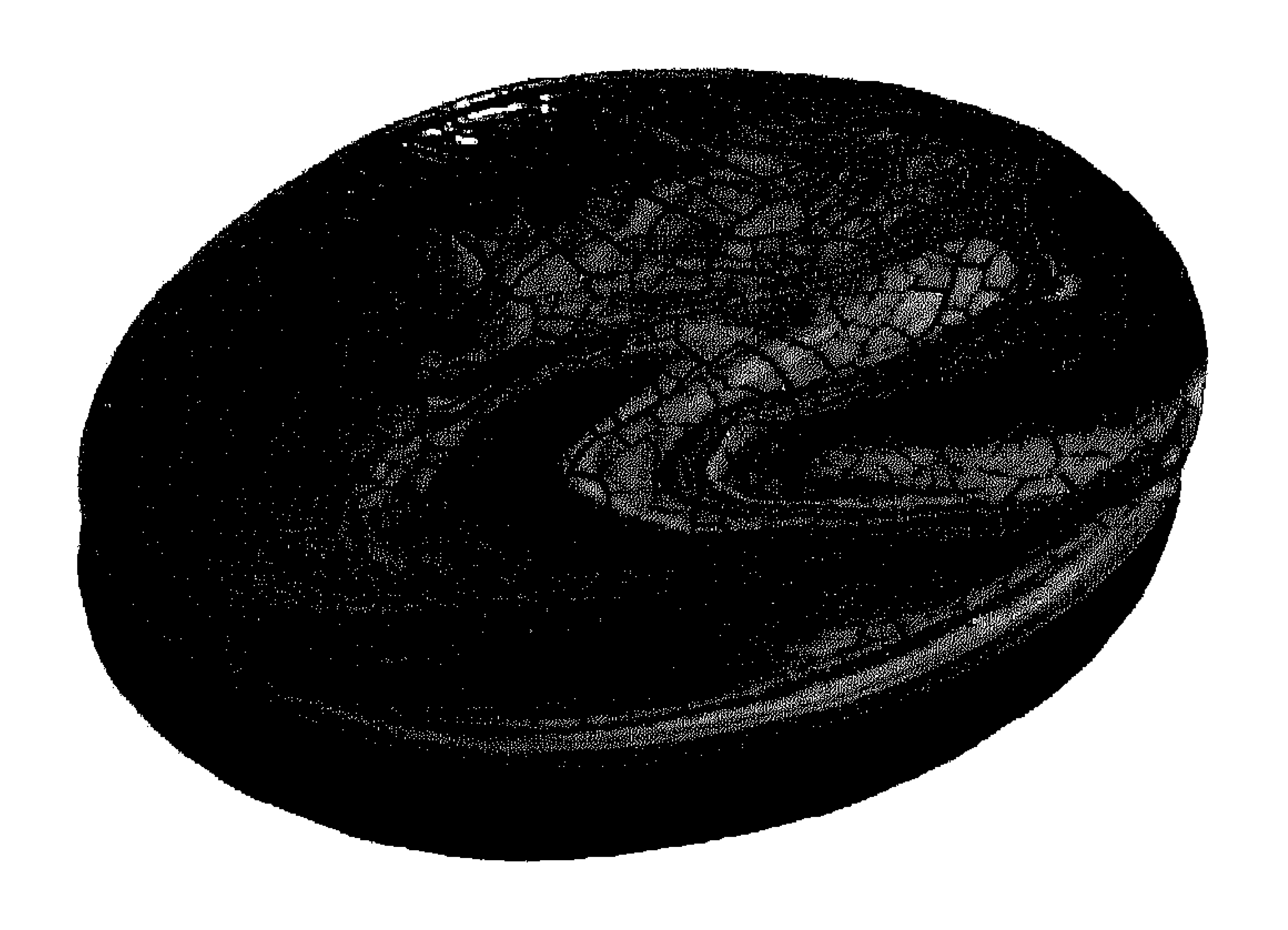
تطبيق (16)



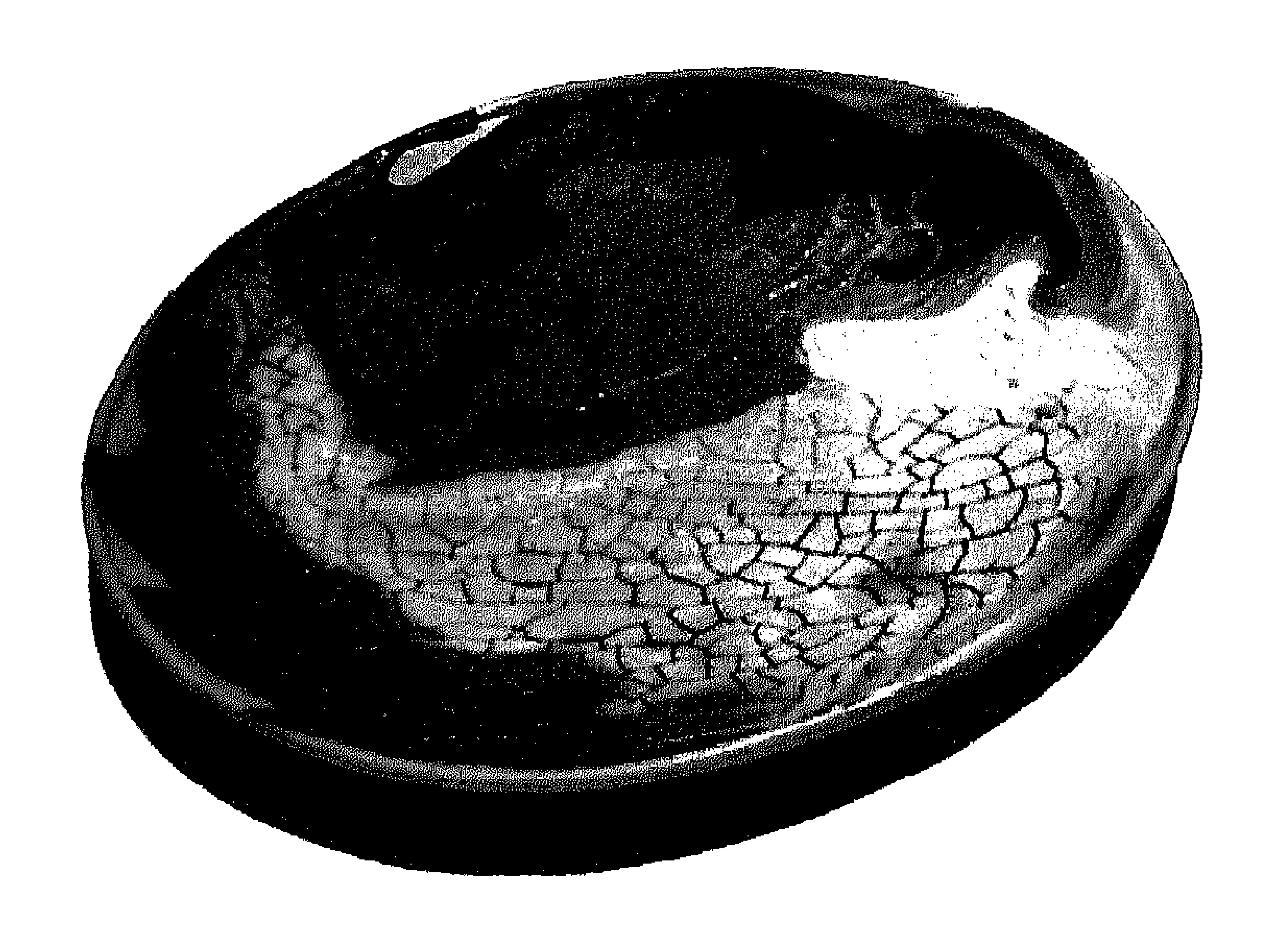


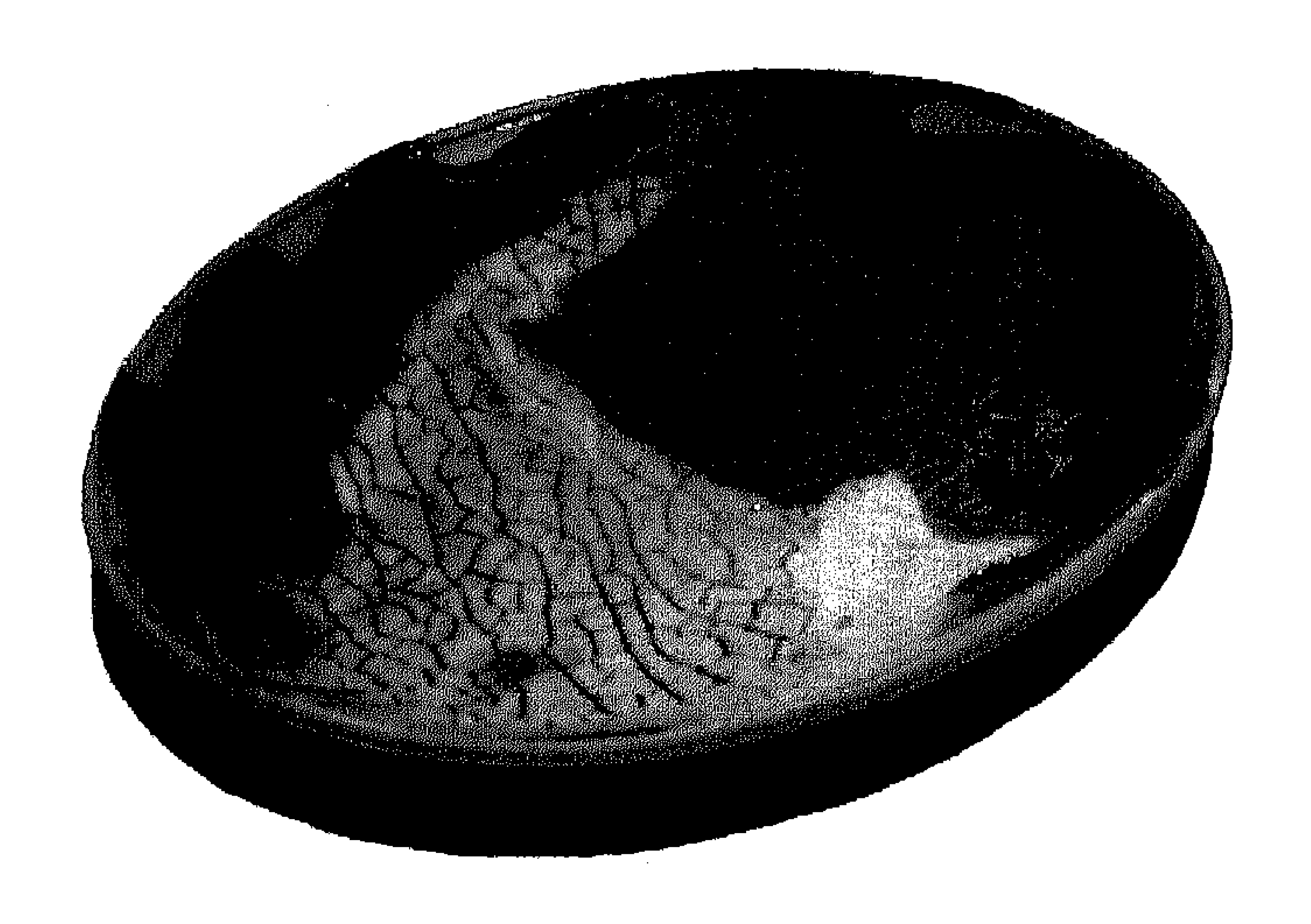
تطبيق (17)





تطبيق (18)





تطبيق (19)

نتائج البحث

تنوعــت النـــتائج التي توصل إليها البحث تبعاً لمراحل الدراسة والتطبيق التجريبي لها ، ولهذا يمكن تقسيم النتائج إلى ثلاثة أقسام كما يلي :-

[1] – نتائج تغيير مصادر الخامات .

ــ الفلــد سبار الصوديومى : يعمل على إعتام الطلاء ويكسبه اللون الأبيض كما أنه يساعد علـــى ظهـــور تجمـــيع واضـــح فى معظم العينات التى يدخل فى تركيبها كمصدر لأكسيد الصوديوم .

ــ الفلــد ســبار البوتاســيومى : عند إستخدامه فى الطلاء كمصدر لأكسيد البوتاسيوم فإنه يســـاعد على زيادة لمعان وشفافية الطلاء ، كما أنه يساعد على ظهور التصدع عندما تزيد نسبتة فى التركيبة .

ــ الكاوليــن : مـــن الخامـــات التي إذا زادت نسبتها في الطلاءات ساعد ذلك على ظهور التجميع .

ــ بالرغم من أن الطلاء الخالي من الكاولين يكون له قوام سائل جداً ، إلا أن عملية الطحن الـــزائد أو وجـــود أكسيد مثل أكسيد الصوديوم بنسبة كبيرة في خلطة هذا الطلاء يؤدي إلى حدوث التجميع .

ــ كـــربونات البوتاسيوم : فى درجات الحرارة العالية 1230° م ، 1200°م وفى درجات الحـــراره 1140°م تؤدى إلى إعتمام الطلاء وإكسابه اللون الأبيض وتساعد على الإنصهار ولهـــا تأثيرجيد على ظهور تأثير التجميع ، أما فى درجة الحرارة 1100°م فإنها تزيد من حرارية الطلاء وبالتالى لا ينضج عند درجة حرارتة العادية ، وتزيد مقاومة السطح لظهور أى تأثيرات .

ــ كربونات المغنسيوم : أفضل تاثيراتها فى درجة الحرارة المتوسطة 1140°م ، ففى هذه المجموعـــه نجد أن لها تاثير جيد فى اللمعان والعتامه والتصدع والتجميع ، أما فى درجات الحرارة 1230° م ، 1200°م ، 1100°م فإنها تؤدى إلى إعتام الطلاء ولها تأثير طفيف على ظهور التصدع والتجميع .

ــ البوراكس : يساعد على إنصهار الطلاء ويزيد لمعانه ويساعد فى الحصول على تأثيرات شيقة من التجميع والتصدع على أرضية شديدة اللمعان .

[2] – نتائج الإعداد والتحضير وطريقة التطبيق .

ـ كمية الماء المضاف إلى الطلاء أثناء الخلط ، وتوقيت إضافة هذا الماء ، وكيفية إضافته دفعة واحدة أو على دفعات ، كل ذلك يؤثر في مظهر الطلاء النهائي في حالة التجميع .

ـ عـندما يـتم تطبيق الطلاء الخام بالسكب فإن شكل فوهة الإناء الحاوي للطلاء وطريقة سـكب الطلاء الزائد بعد التطبيق يؤثر على شكل وحركة الملمس الناتج في الطلاء المُتجمع

ـ درجة جفاف الجسم عند تطبيق الطلاء تؤثر في النتيجة النهائية للطلاء المُتجمع ، فإذا تم التطبـيق في مرحلة الجفاف التام فإن ذلك يزيد أثر قوة إمتصاص الجسم لطبقة الطلاء أثناء الجفـاف ممـا يؤدي إلى تشققها ، أما إذا تم التطبيق والجسم رطب فإن طبقة الطلاء تكون تحت قوى الإنضغاط أثناء الجفاف مما يؤدي إلى تقشيرها من على الجسم .

ـ يظهـر التجميع دائماً في الطلاءات عند زيادة الطحن بحيث يمر معلق الطلاء من منخل 10000 فـتحة فـي البوصة الطولية بدون أي راسب . أما عندما يزيد سمك طبقة الطلاء أثناء التطبيق فإن ذلك لايؤدي إلى حدوث التجميع في كل الحالات .

[3] – نتائج تغيير الإضافات الخاصة باللون في درجة حرارة 1230° م .

ـ الأكاسيد المعدنية والصبغات الخزفية الملونة لم تؤثر على ملمس الطلاء في كل الأحوال ، فعـند إسـتخدام أكسيد الكوبالت بنسبة 1% والصبغة الملونة ذات اللون التركوازي بنسبة 3% لـم يتغـير مظهر التجميع الناتج عن مظهره في الطلاء الخالي من الملونات إلا في زيادة اللمعان .

ـ أمـا عند إستخدام كلاً من أكسيد النحاس ، الحديد ، المنجنيز بنسبة 3% فقد تغير ملمس الطلاء الذي كان يتجمع ، وأصبح طلاء به بثور وغليان وثقوب وحفر نتيجة لزيادة إنصهار وغليان الطلاء وإقترابه من الحالة المُتبخرة .

ـ عند تطبيق الطلاء غير الملون ، أوالطلاء الذي أضيفت إليه مواد التلوين والذي سيتجمع بعد الحريق ، يتشقق الطلاء الخام بنفس الخطوط التي ستظهر بعد الحريق تقريباً .

ـــ الطلاء الملون الذي تظهر به الحفر والثقوب بعد الحريق يتشقق أيضاً أثناء التطبيق ، مما يعنـــي أن هـــذا الطـــلاء يكون متجمعاً في المراحل الأولى من الحريق ومع إرتفاع درجة الحـــرارة يـــبدأ هذا التجميع في الإنصهار والتلاشي بسبب الفعل الصهار للأكاسيد المعدنية المستخدمة في التلوين .

ـــ عـــند إســـتخدام أكاسيد النحاس والحديد في تلوين الطلاء الذي كان يتجمع بدون إستخدام الملونات يصبح مظهره بعد الحريق غني بالبثور والغليان ، ويكون هناك أثر خفيف ملحوظ لوجود مساحات مرتفعة وأخرى منخفضة تعبر عن الملمس الأصلي للطلاء وهو التجميع .

ـــ أما عند إستخدام ثاني أكسيد المنجنيز بنفس نسبة كلاً من أكسيد النحاس والحديد في تلوين نفـــس الطلاء يكون ملمس الطلاء النهائي مليئ بالثقوب الإبرية والحفر وهي مرحلة متطورة مـــن البـــثور والغليان ، ويزيد حجم الثقوب والحفر كما يتلاشى أي أثر لوجود التجميع في الطلاء بالرغم من ظهور التشققات في الطلاء الجاف والتي تعتبر مؤشر لظهور التجميع في الطلاء النهائي .

مراجع البحث

1 ــ **أيمن علي جودة** (دكتور) "نظم إنتاج أواني طهو خزفية من خامات محلية" رسالة دكتوراة ، جامعة حلوان ، كلية الفنون التطبيقية ، القاهرة ، 2000 .

2 ــ **برنارد ماير** "الفنون التشكيلية وكيف نتذوقها" ، ترجمة **سعد المنصوري** (دكتور)، و**مسعد القاضي** (دكتور) ، مكتبة النهضة ، القاهرة ، 1958 .

3 ــ **جمـــال الدين أحمد عبد الله عبود** (دكتور) "تاثير حجم حبيبات المواد الخام المصرية علـــى خواص الطلاءات الزجاجية وإمكانية تطبيقها على البلاطات الخزفية المنتجة كمياً" رسالة دكتوراة ، جامعة حلوان ، كلية الفنون التطبيقية ، القاهرة ، 1980.

4 ــ **سهير صلاح الدين الشامي** (دكتور) "أساليب تصميمية للطلاءات الزجاجية البللورية وإمكانـــية تطبيقها على المنتجات الخزفية " رسالة دكتوراة ، جامعة حلوان ، كلية الفنون التطبيقية ، القاهرة ، 1993 .

5 ــ **سهير صلاح الدين الشامي** (دكتور) "التأثيرات اللونية في الطلاء الزجاجي وعلاقتها بالجســم الخزفـــي في درجة حرارة من 950° م– 1050°م " رسالة ماجستير ، جامعة حلوان ، كلية الفنون التطبيقية ، القاهرة ، 1985 .

6 ــ **صــفوت التهامـــي محمـــود علي** (دكتور) "إستخدام طينات مصرية مناسبة لإنتاج طـــلاءات زجاجية " رسالة دكتوراة ، جامعة حلوان ، كلية الفنون التطبيقية ، القاهرة ، 2001 .

7 ــ **ف .هـــ . نورتن** "الخزفيات للفنان الخزاف" ترجمة أ / **سعيد حامد الصدر** ، وأ / **عبد العزيز بحيري** ، مؤسسة فرانكلين للطباعة والنشر ،القاهرة ، نيويورك، 1987.

8 ــ **هنري هودجز** "الخزفيات " ترجمة **محمد يوسف بكر** (دكتور) ، سلسلة الثقافة العلمية الميسرة "هاملن" تصدر عن معهد الإنماء العربي ، بيروت ، لبنان ، 1981 .

9 ــ **وجـــيه السيد قابيل** (دكتور) "تكنولوجيا الطلاءات الزجاجية" ، كلية الفنون التطبيقية ، 1972.

10 – **Behrens , Richard** , " Glaze Projects " Ceramic Mounthly hand book , Nohthwest Boulevard , Columbus , 1992 .

11 – **Birks , Tony** , " Pottery " , Pan books Ltd , , London, Sydny , 1979 .

12 – **Cooper , Emmanuel & Roylè , Derk** " Glazes for the Studio Potter" , printed in great Britain – the Ancor Brendon Ltd , Tiptree , Essex ,BT Batsford limited London ,1978 .

13 – **Crebanier , Joseph** " Chinese StoneWare Glazes" , Pitman Publishing , London , 1975 .

14 – **Clark, Kenneth** " Practical Pottery and Ceramics " , studio vista publishers , 1972 .

15 – **Fraser , Harry** , " Ceramic Faults and Their Remedies " , A and C Black , London , 1994 .

16 – **Fournier , Robert** ,"Illustrated Dictionany of Practical Pottery"A and C Black limited , London , 1992 .

17 – **Fraser , Harry** , "Glazes for The Craft Potter" , Adam , Charles Black , London , 1979 .

18 – **Gartside , Brian** , "Thick and Easy" , Ceramic Review magazine , no 157 , London , 1996 .

19 - **Hammer ,Frank and Janet** ,"The Potter's Dictionary Of Materials and Techniques", Pitman Publishing , London , repinted, 1991

20 – **Hopper , Robin**, "The Ceramic Spectrum" , Chilton Book Company , Radnor , Pennsylvania , 1984 .

21 – **Hobson , R.L** , "Chinese Pottery and Porcelain" Dover publications , I N C New York 1976 .

22 – **Negrosh , Leonel** , "Clay Work. Form and Idea in Ceramic Design" , Hendrick long Publishing Company , 1975 .

23 – **Nelson , Glenn C** , "Ceramics" , Holt , Renihart and Winston , Inc , U.S.A , 1960 .

24 – **Norton , F . H** , " Cramics for The Artist potter " Addison Wesly publishing company , U.S.A . Second edition , 1956 .

25 – **Peterson, Susan** , " The Craft and the Art of Clay "Lourence king publishing , London , 1992 .

26 – **Rhodes , Daniel** , " Clay and Glazes For The Potter " Chilton Book Company , Pennsylvania , Revised edition , 1973 .

27 – **Stefanov , Batschwarov** , "Ceramic Glazes" , Bauverlag Gm bH.Wiesbaden und Berlin , 1988 .

28 – **White , David** , "Crackle Crazy" , Ceramic Review magazine , no 169 , London , 1998 .

ملخص البحث

يتناول البحث كيفية الحصول على ملامس سطحية للطلاءات الزجاجية من خلال التحكم في بعض عيوب الطلاءات الزجاجية في مدى حراري من 1100 م حتى 1230 °م.

ـ في المقدمة التاريخية نستعرض بعض الأنواع المبكرة من الطلاءات بداية من العجينة المصرية ومروراً بالطلاءات القلوية كالاتي :-

، الطلاءات الرصاصية.

، طلاءات الرماد.

، الطلاءات الطينية.

، الطلاءات الفلدسباريه.

، طلاءات البخار.

الباب الأول: يقدم تصنيف للطلاءات الزجاجية من خلال بعض خواص الطلاء مع توضيح القيمة الجمالية للطلاءات الزجاجية .

الفصل الأول:- تصنيف الطلاءات الزجاجية تبعاً لعدة خواص للطلاء :-

أولاً: التصنيف تبعاً لدرجة الشفافية.

ثانياً: التصنيف تبعاً لدرجة اللمعان.

ثالثاً: التصنيف تبعاً للون.

رابعاً:. التصنيف تبعاً لملمس السطح .

الفصل الثاني:- يتناول مواد الفن و لقيمة الجمالية للطلاءات الزجاجية من خلال:-

أولاً: الخط.

ثانياً: اللون

ثالثاً: الملمس.

الباب الثاني:- يتناول كيفية حدوث بعض عيوب الطلاءات الزجاجية كما يتناول الأسباب العامة التى تؤدى إلى حدوثها.

الفصل الأول: يستعرض بعض عيوب الطلاءات الزجاجية من خلال تعريفها، وأنواع الطلاءات أو الأجسام التى تساعد على ظهورها، والأسباب والعوامل التى تؤدى إلى حدوثها ويقدم العيوب الآتية:-

1- التجميع
2- التصدع
3- التشقق
4- البثور والغليان
5- الثقوب الأبرية والحفر
6- التقشير
7- التشظي
8- الإنتفاخ
9- التخريز

الفصل الثاني: يتناول الأسباب العامة التى تؤدى إلى ظهور عيوب فى الطلاءات الزجاجية والتى تنشأ بسبب :

- تركيب الطلاء.
- الطحن غير الصحيح للطلاء.
- الترسيب فى معلق الطلاء.
- تطبيق الطلاء.

الباب الثالث:- يتناول المواد الخام والأكاسيد المعدنية التى تدخل فى تركيب الطلاءات الزجاجية محل الدراسة وأثرها فى المحصول على ملامس للطلاءات الزجاجية.

الباب الرابع: يتناول الجانب العملى للبحث من خلال:

أولاً: حســـاب المعادلات الأولية للبحث من خلال جداول توضح المعادلة الأولية الأساسية لكل مجموعة والإحلالات التسع التى تمت عليها مع رقم التجربة التى تعبر عن كل إحلال .

ثانياً: التطبيقات وجداول تعبر عن كل إحلال فى كل مجموعات البحث مع توضيح مواصفات التشغيل لبعض العينات الناجحة.

ثالثاً: توصيف لبعض النتائج الفنية للبحث.

- Blistering &Boiling
- Pinholing & Pitting
- Peeling
- Shivering
- Bloating
- Bittiness

- Third part; demonstrates the main factors that cause defects in glazes.

- Third chapter . A review of the raw materials and oxides incorporated in glaze temprature on displayed in this chapter .

- Fourth chapter: Reports the scientific aspect of the work`.

Comprising based on the basic formulae of glaze composition, calculation of the selects glazes were carried out. Nine modifications were also carried out and were experiments on the selected body.

The most successful selectes were chosen and diplayed .

Summary

This work deals with how to obtain surface texture from ceramic glazes through controlling of defects within temperature of between 1100° C to 1230° C

- The introduction deals with the historical part of the review ,thus it includes the earliest types of glazes ;

- Egyptian paste to alkaline glazes
- Lead glazes
- Ash glazes
- slip glazes
- Feldspathic glazes
- Vapor glazes

- The first chapter, provides a classification of glaze textures, illustrating the aesthetic value developed from them, including :

  * classification according to transparency.
  * classification according to brightness.
  * classification according to color.
  * classification according to smoothness.

  - It also deals with the aesthetic value displayed by the texture ; composition , line and colour .

- Second chapter : demonstrates the causes of glaze defects, showing of glaze type as well as factors that cause the appearance of these defects .

Types of glaze defects :

- Crawling
- Crazing
- Crackling

Helwan University
Faculty of Applied Arts
Ceramic Department

Controlling of Glaze's treatment to produce Textures on Art Ware products

Thesis
Submitted for Ph.M.degree in Applied Arts
(Ceramic)

Submitted By
Lobna Mohamed Ahmed Elshoura

Supervisors

Prof.Dr
Omar Mhamed Abd Elaziz
Professor of the Ceramics Department

Assistant Prof.Dr
Sohir Salah Elshamy
Professor of the Ceramics Department

2002

